

Estudi de la dinàmica de desenvolupament d'una tempesta. El seu efecte en el navegant.

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:

Laura Alemany Vallecillos

Dirigit per:

Francesc Xavier Martínez de Osés

Grau en Nàutica i Transport Marítim

Barcelona, octubre de 2018

Departament de Meteorologia Nàutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona

Full de Cortesia

Resum

L'objectiu d'aquest treball és estudiar i entendre com es forma una tempesta, les condicions que s'han de donar perquè es produeixi, i com es comporta i es desenvolupa. Es tractarà també l'impacte que tenen les tempestes en la societat i, més en concret, en els navegants, tant en petites embarcacions d'esbarjo com en grans vaixells mercants.

S'estudiaran casos extrems i particulars que es donen especialment al litoral Mediterrani, com els MCC (Sistemes Convectius Mesoescalars, sigles en català SCM), les DANA (Depressió Aïllada en Nivells Alts, anomenada també gota freda) i els Medicanes (contracció o unió de “Medi”, de Mediterrani, i de “canes”, de *hurricanes*, huracans en anglès).

Es realitzarà una part pràctica. Aquesta consistirà en l'estudi d'unes dades que es recolliran gràcies a l'AEMET (Agència Estatal de Meteorologia) d'una estació meteorològica situada a Balsareny, situat al nord de la comarca del Bages, durant 5 mesos (entre abril i setembre del 2018).

Mitjançant taules i gràfiques, s'analitzaran en quines condicions de vent i temperatura s'han donat precipitacions i s'intentaran extreure conclusions per demostrar si estan relacionades entre elles o no.

També s'estudiarà en quins mesos ha plogut més i en quina franja horària del dia, i per què.

Abstract

The aim of this project is to study and understand how a storm is formed, the conditions that must be present during storms, and how they develop. The project will go through the impact that the storms have in the society and, specifically in seafarers, in recreational crafts and merchant vessels.

It will be studied the extreme and cases that are produced especially in the Mediterranean Sea, such as the MCC (Mesoscale Convective Complex), the DANA's (Isolated Depression in High Levels) and the Medicanes (mix of "Medi", from Mediterranean, and "canes", of hurricanes, from hurricanes).

It will be carried out a practical study. This will consist of a study of some data that will be collected through the AEMET (State Agency of Meteorology) of a weather station situated in Balsareny, in the north of Bages, for 5 months (between April and September 2018).

By means of tables and graphics, it will be analyzed the conditions of wind and temperature during the presence of precipitations and we will try to extract conclusions to prove if they are related or not.

It will also be studied in which months has rained more and in which time of the day, and why.

Taula de continguts

RESUM	III
ABSTRACT	IV
TAULA DE CONTINGUTS	V
1. INTRODUCCIÓ	1
2. CARACTERÍSTIQUES DE LES TEMPESTES	2
2.1 TIPUS DE TEMPESTES	4
2.1.1 <i>Classificació de les tempestes: unicel·lulars, multisel·lulars i supercel·lulars</i>	4
2.1.2 <i>Elèctriques</i>	5
2.1.3 <i>Tornados</i>	5
2.1.4 <i>De sorra o pols</i>	7
2.1.5 <i>De neu o hivern</i>	8
2.1.6 <i>De granís</i>	10
2.1.7 <i>Cicló tropical</i>	11
3. FORMACIÓ DE LES TEMPESTES I EL SEU DESENVOLUPAMENT	13
3.1 FASES DE LES TEMPESTES	15
3.1.1 <i>Fase de creixement</i>	16
3.1.2 <i>Fase de maduresa</i>	17
3.1.3 <i>Fase de dissipació</i>	18
4. IMPACTE DE LES TEMPESTES I CONSEQÜÈNCIES PELS NAVEGANTS	19
4.1 EMBARCACIONS D'ESBARJO	19
4.2 VAIXELLS MERCANTS	24
5. ESTUDI DE CASOS EXTREMS I PARTICULARS A LA MEDITERRÀNIA	25
5.1 SISTEMES CONVECTIUS MESOESCALARS O MCC	25
5.2 DANA O GOTA FREDA	26
5.2.1 <i>Descripció</i>	27
5.2.2 <i>Formació i efectes del fenomen</i>	28
5.2.3 <i>Gotes fredes importants a Espanya</i>	29
5.3 MEDICANES	30
6. ANÀLISI DE LES CONDICIONS EN QUÈ ES DONEN LES PRECIPITACIONS DURANT 5 MESOS A UNA LOCALITAT DE BARCELONA	33

6.1 METODOLOGIA.....	33
6.2 ANÀLISI PER MESOS DE LES CONDICIONS DE PRECIPITACIÓ VS L'AMPLITUD TÈRMICA I LA RATXA DE VENTS	35
6.2.1 Primer mes (Abril – Maig)	35
6.2.2 Segon mes (Maig – Juny)	37
6.2.3 Tercer mes (Juny – Juliol)	39
6.2.4 Quart mes (Juliol – Agost).....	41
6.2.5 Cinquè mes (Agost – Setembre)	43
6.3 ANÀLISI DELS 5 MESOS DE LA QUANTITAT DE PRECIPITACIONS PER FRANGES HORÀRIES	45
7. CONCLUSIONS.....	48
8. BIBLIOGRAFIA	49
8.1 LLIBRES	49
8.2 ARTICLES.....	49
8.3 PÀGINES WEB.....	49
9. ANNEXE	52

1. INTRODUCCIÓ

L'objectiu del treball és estudiar i entendre com es forma una tempesta, les condicions que s'han de donar perquè es produeixi, i com es comporta. Es desenvolupen també els diferents tipus de tempestes.

S'han estudiat casos extrems i particulars que es donen especialment al litoral Mediterrani, i els casos reals de com han afectat a la societat.

La motivació del treball ha estat l'interès pels fenòmens meteorològics que sempre ha estat present, junt amb la possibilitat d'investigar i descobrir un dels temes que més em fascinen des de petita, les tempestes.

El fet de poder entendre millor com funcionen, com es creen, com es desenvolupen i quines conseqüències poden tenir, i relacionar-ho amb el món marítim i el món del navegant, em van impulsar des d'un inici a voler augmentar els meus coneixements en aquesta matèria i a decidir-me per fer aquest Treball Final de Grau.

L'abast cronològic i geogràfic del treball el dictamina principalment la part pràctica. S'ha realitzat un estudi durant 5 mesos, entre l'abril i el setembre de 2018, amb dades recollides d'una localització de la comarca del Bages, Balsareny.

La metodologia emprada es basa en la recerca d'articles i documents per internet, la recerca d'informació en llibres que tractin temes relacionats amb les tempestes, la meteorologia en general, les tàctiques dels navegants a l'hora de fer una ruta, etc.

També s'han pres els apunts de l'assignatura de Meteorologia Nàutica del grau en Nàutica i Transport Marítim, del professor Francesc Xavier Martínez de Osés, per extreure informació i figures per poder completar el treball.

Per la part pràctica, s'han estat recollint diàriament dades des de l'Agència Estatal de Meteorologia, s'han tractat i s'han realitzar gràfiques i taules per poder analitzar-les i extreure conclusions d'elles.

2. CARACTERÍSTIQUES DE LES TEMPESTES

Mentre que als Estats Units el terme “*storm*” es refereix estrictament i en l'àmbit meteorològic únicament a tempestes intenses amb vents de superfície de com a mínim 80km/h, el terme “*tempesta*” es molt menys restrictiu.

Des del punt de vista científic, es coneix com a tempesta a grans pertorbacions meteorològiques que tenen efectes físics a la superfície de la Terra. Forts vents i pluges, nevades, inestabilitat en l'ambient acompanyat tot plegat de llamps i trons solen ser els indicis més comuns de què estem davant d'aquest fenomen meteorològic.

Les tempestes neixen d'un tipus de núvols anomenats cumulonimbus. Els cumulonimbus són núvols de gran mida vertical. Son densos, potents i molt grans, tal i com es mostra a la Figura 1:



Figura 1: Imatge d'un cumulonimbus. Font: <https://www.metoffice.gov.uk>

Internament, estan formats per una columna d'aire càlid i humit que s'eleva i es mou en sentit contrari a les agulles el rellotge. La seva base acostuma a trobar-se a menys de

2.000 metres d'alçada. La seva cima, en canvi, pot arribar a entre els 15.000 i 20.000 metres d'alçada. Aquests núvols poden formar-se en grup o aïlladament. Els cumulonimbus es formen per altes humitats en l'ambient i en presència d'una massa d'aire calent ascendent.

El cicle d'activitat d'una tempesta típica presenta una fase inicial de formació, intermèdia de maduresa i final de decaïment.

Les tempestes poden contenir vòrtexs d'aire, és a dir, vent girant entorn un centre. Les tempestes que presenten aquests vòrtexs són molt intenses i com a característica, és probable que puguin produir trombes marines i tornados, acostumen a produir-se en zones molt tancades, on el vent no té suficient escapatòria.

A l'interior dels núvols s'acumulen poderoses càrregues elèctriques. Per a què es formin les tempestes ha d'haver un procés d'electrificació en l'interior dels núvols: les càrregues positives a la part alta dels núvols i les càrregues negatives a la seva base.

2.1 Tipus de tempestes

2.1.1 Classificació de les tempestes: unicel·lulars, multisel·lulars i supercel·lulars

Cadascuna té característiques que es refereixen a la forma en què es produeixen i com es desenvolupen. A nivell general, però, es poden distingir pel temps de durada, la localització espacial i la intensitat.

Una cèl·lula convectiva es una organització de massa fluida, en aquest cas aire, en resposta a una diferència de temperatura, entre la massa d'aire fred i la massa d'aire calenta, que provoca un moviment de convecció.

Les unicel·lulars duren al voltant d'una hora, durant la qual hi ha un moment de màxima precipitació que després va disminuint. Les multisel·lulars són conglomerats de les anteriorment nombrades, ja que son agrupacions de vàries cèl·lules convectives. En diversos focus o cèl·lules es desprenen les tempestes elèctriques. Les supercel·lulars són les que generen les tempestes elèctriques mes fortes de totes, gràcies al tipus particular de circulació del vent.

Una supercèl·lula es una immensa tempesta en rotació. Pot durar vàries hores com una entitat única. Aquestes tempestes són les més propenses a produir tornados de llarga durada i granís.

Les supercèl·lules tendeixen a formar-se en condicions d'alta inestabilitat i vents forts a grans altures. A més, presenten un sistema més organitzat de circulació interna que fan que tinguin una durada molt major que la resta. En les supercèl·lules es comú l'aparició de fortes corrents rotatòries que la fan potencialment la més perillosa dels tipus de tempesta. Poden produir vents forts, grans granissades i tornados de llarga durada sobre una àmplia trajectòria.

2.1.2 Elèctriques

Tenen el seu origen a partir de la formació dels cúmuls. El contrast tèrmic i altres propietats de les masses d'aire humit donen origen al desenvolupament de forts moviments ascendants i descendents.

L'activitat elèctrica es manifesta quan s'arriba a la tensió de ruptura de l'aire, moment en què es genera el llamp. Dependrà també del grau d'ionització atmosfèric.



Figura 2: Imatge d'una tempesta elèctrica. Font: <https://www.geoenciclopedia.com>

Els llamps que es desprenen de la tempesta, descarreguen electricitat de forma fugaç, però amb un alt voltatge. El tro és el so que es manifesta d'aquesta descàrrega.

2.1.3 Tornados

A simple vista és un núvol gris de pols que té forma d'embut i que destrossa intensament tot al seu pas, depenent de la velocitat dels seus vents. Està acompanyat de pluges, granís i tempestes elèctriques.

Un tornado és una massa d'aire amb alta velocitat angular, l'extrem inferior del qual està en contacte amb la superfície de la Terra i el superior amb un núvol cumulonimbus.

Els tornados es presenten en diferents formes, però generalment tenen la forma d'un embut, tal i com es mostra a la Figura 3.



Figura 3: Imatge d'un tornado. Font: <https://video.nationalgeographic.com>

La majoria dels tornados compten amb vents que arriben a velocitats d'entre 65km/h i 180km/h. Tenen aproximadament 75m d'amplada i es poden traslladar varis quilòmetres abans de desaparèixer.

Si la base del tornado està en contacte amb el mar es produeixen el que s'anomenen les trombes marines. Duren aproximadament mitja hora, i els vaixells són els que més pateixen els seus efectes.



Figura 4: Imatge d'una tromba marina. Font: <https://eltiempo.es>

2.1.4 De sorra o pols

És una gran massa de partícules que es desplacen pel terreny a velocitats de més de 40km, i poden reduir la visibilitat a zero. Es produeixen en zones en què s'hagin registrat, durant un període de temps considerable, baixes o nul·les precipitacions. D'aquesta manera l'ambient sec facilita el moviment de la sorra o pols.

Solen ser comuns en el desert del Sàhara d'Àfrica, en el desert del Gobi de Mongòlia, en el desert del Taklamakán de Xina, en Argentina, en la zona de la Pampa seca i altres regions àrides i semiàrides.



Figura 5: Imatge d'una tempesta de sorra a l'Iran. Font: La Vanguardia

2.1.5 De neu o hivern

La neu és el resultat d'un fenomen meteorològic que consisteix en la precipitació de petits cristalls de gel. Els cristalls de neu adopten formes geomètriques amb característiques fractals i s'agrupen en flocs. Està composta per petites partícules aspres i és un material granular. Normalment té una estructura oberta i suau, excepte quan és comprimida per la pressió externa.

La neu és el vapor d'aigua que experimenta una alta deposició en l'atmosfera a una temperatura menor de 0 °C, i posteriorment cau sobre la terra. A la vegada, poden generar forts vents i precipitacions d'aigua i neu.



Figura 6: Imatge d'una tempesta de neu a Toronto. Font: El País

Segons la seva intensitat, es poden classificar segons la caiguda de neu, la visibilitat i el vent en (MetEd: Teaching and Training Resources for the Geoscience Community, 2018):

- Nevada feble: les quantitats són inferiors a mig centímetre d'espessor per hora i la visibilitat és superior a un quilòmetre.
- Nevada moderada: cau de 0'5 a 4 centímetres per hora i una visibilitat que fluctua entre 500 i 1.000 metres.
- Nevada forta: cauen més de 4 centímetres per hora i la visibilitat és inferior a 500 metres. Poden arribar a presentar-se vents de 55 km/h.
- Nevada severa: cauen més de 7 centímetres per hora, la visibilitat és inferior a 100 metres i els vents sostinguts superen els 70 km/h.

2.1.6 De granís

El granís o calamarsa és un tipus de precipitació sòlida que es compon de boles o cúmuls irregulars de gel. Està format principalment per gel d'aigua, i la seva grandària pot variar entre els 5mm i 50mm de diàmetre, i inclús superar aquesta mida. La precipitació en forma de gel es registra majoritàriament en les zones de latitud mitja.



Figura 7: Imatge d'una tempesta de granís a Córdoba. Font: Diari de Córdoba

Es dona en tempestes durant les quals es generen gotes d'aigua que estan a temperatures per sota del punt de congelació (0°C). La formació de la calamarsa s'origina amb la presència d'una partícula sòlida. Aquesta és arrossegada per forts vents ascendents dins del núvol, i varies partícules d'aigua van quedant adossades. Al ascendir, es produeix el refredament d'aquestes partícules, arribant a congelar-se.

En arribar a la zona superior del núvol, la calamarsa cau cap a la terra pel seu propi pes. En la seva caiguda, moltes de les capes de gel que es van formar durant el seu ascens, poden descongelar-se, tornant al seu estat líquid original. No obstant això, no es desprenen i encara estant dins del cumulonimbus, i poden ser capturades novament per

un altre corrent d'aire ascendent i ser traslladades cap a les regions altes del núvol. Això provoca l'agregat d'una nova capa de partícules d'aigua i la seva congelació.

Aquest cicle pot produir-se diverses vegades, fins que el granís prengui una dimensió i pes, fins que els corrents ascendants d'aire dins del núvol no tinguin la força suficient per transportar-ho, precipitant-se així a terra. D'aquesta manera, les pedres de calamarsa van adquirint grandària i formant les seves capes de gel.

2.1.7 Cicló tropical

Els ciclons tropicals són sistemes depressionaris que es formen a la zona de convergència intertropical. Encara que es poden preveure, constitueixen una situació realment meteorològica perillosa per als navegants de les zones tropicals.

Són pertorbacions formades per aire homogeni i de gran violència. Segons l'àrea on es desenvolupen reben un nom o un altre:

- Huracà: en el Carib
- Tifó: en els mars de la Xina i el Japó
- Baguió: a les Filipines
- Willy-Willy: al nord d'Austràlia
- Ciclons o Huracans de l'Índic: a Madagascar, Golf de Bengala i Sud-Est d'Àfrica

El cicló és un fenomen meteorològic eminentment marí. El seu funcionament és semblant al d'una borrasca extra-tropical, però el seu origen i desenvolupament són distints. Les borrasques extra-tropicals es produeixen en latituds mitjanes per la ondulació del front polar, punt de convergència de la massa d'aire tropical, des del sud, i la massa d'aire freda, provinent del nord.

Els ciclons, en canvi, es formen a latituds entre els 8° i 20° al nord o al sud de l'equador, a l'anomenada "zona de convergència intertropical" (ZCIT), a on no hi ha més que l'aire càlid i extremadament humit que integra la massa d'aire equatorial.

Els ciclons funcionen com un motor que converteix la seva energia en moviment. Necessiten enormes quantitats d'humitat; i és per aquesta raó que es desenvolupen sempre sobre els oceans, i mai sobre terra. El fort caldeament patit a les latituds tropicals, eleva tones d'aigua marina en forma de vapor que, en condensar-se en els

núvols, allibera l'energia que prèviament havia captat per a vaporitzar-se. Tota aquesta energia alliberada és aprofitada per el cicló incipient, per a alimentar la inestabilitat de l'aire ascendent i perllongar l'elevació d'aquestes masses d'aire.

Per a que el remolí adquireixi suficient violència, l'aire en el seu nucli ha de ser molt càlid i lleuger, de forma que pugui afavorir les ascendències, la succió conseqüent i el gir del conjunt. Per tant, la temperatura de la mar ha de superar els 26'5 °C, al menys a les zones de formació.

Solen tenir un diàmetre d'uns 500km i tenen una estructura bastant simètrica, com es mostra a la Figura 8:

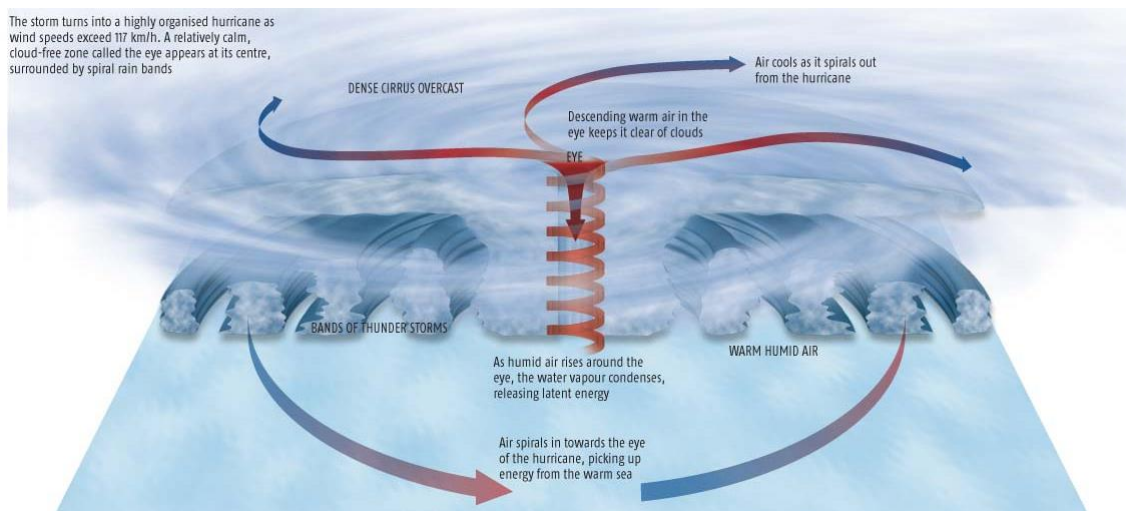


Figura 8: Esquema d'un cicló. Font: <https://science.howstuffworks.com>

Al centre està l'ull o vòrtex, per on l'aire descendeix, i al voltant estan les parets, on l'aire ascendeix i la pluja i el vent són més intensos. En l'ull la nuvolositat es menys densa i les temperatures són càlides.

3. FORMACIÓ DE LES TEMPESTES I EL SEU DESENVOLUPAMENT

El procés de formació d'una tempesta s'inicia amb moviments significatius d'aire en sentit vertical. Les tempestes es creen quan un centre de baixa pressió es desenvolupa amb un sistema d'alta pressió que el rodeja. Aquesta combinació de forces pot crear vents i resultar en la formació de núvols de tempesta, com el cumulonimbus, que poden arribar fins als 10km d'altura en les latituds intermitges.

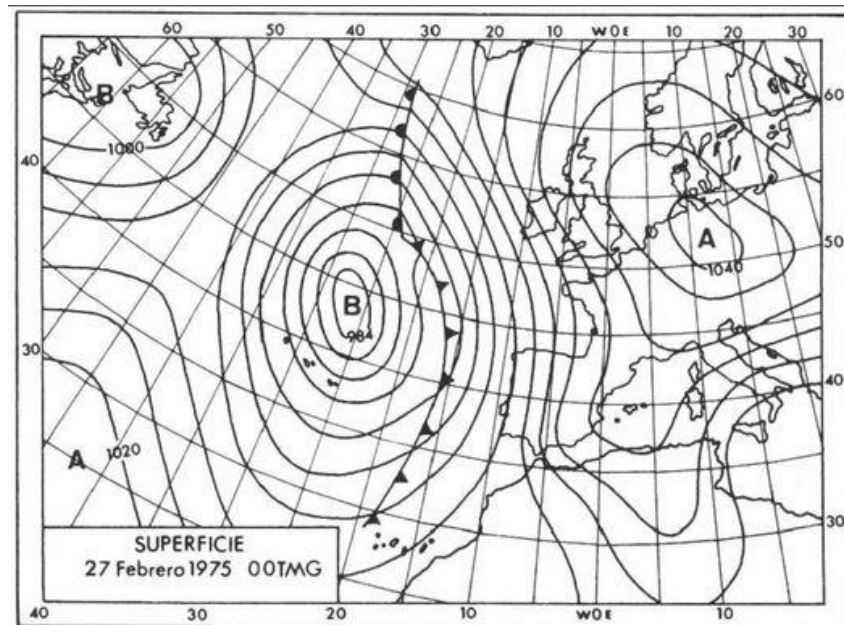


Figura 9: Carta meteorològica amb zones d'altres i baixes pressions. Font: <https://www.tiempo.com>

En la Figura 9 es mostra una carta meteorològica on apareixen una zona d'altres pressions (A), és a dir, una massa d'aire càlida, i una zona de baixes pressions (B), és a dir, freda. Es mostra una situació que pot acabar en tempesta si es desenvolupa com a la Figura 10:

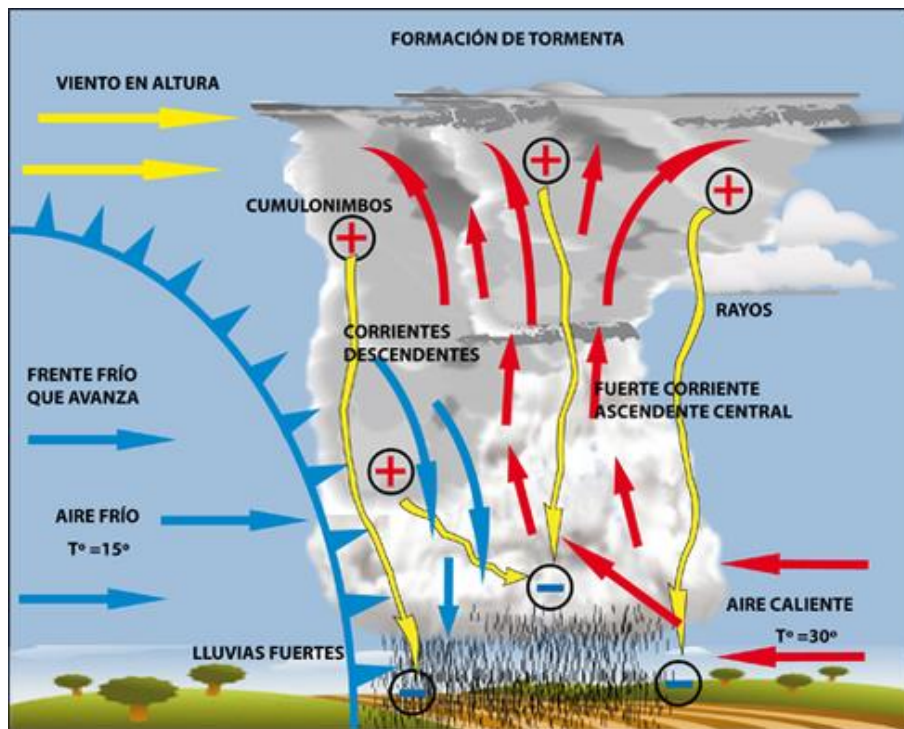


Figura 10: Esquema de com es forma una tempesta. Font:
<https://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/>

Una massa d'aire fred xoca contra una massa d'aire més càlida. L'aire fred, al ser més dens i per tant més pesat, roman a prop de la superfície, obligant a la massa d'aire càlida a elevar-se al llarg de la superfície frontal, fins alçades on el vapor d'aigua es condensi, donant lloc a la formació de potents cumulonimbus.

3.1 Fases de les tempestes

El cicle d'activitat d'una tempesta presenta una fase inicial de formació, intermèdia de maduresa y final de dissipació, tal i com es mostra a la Figura 11.

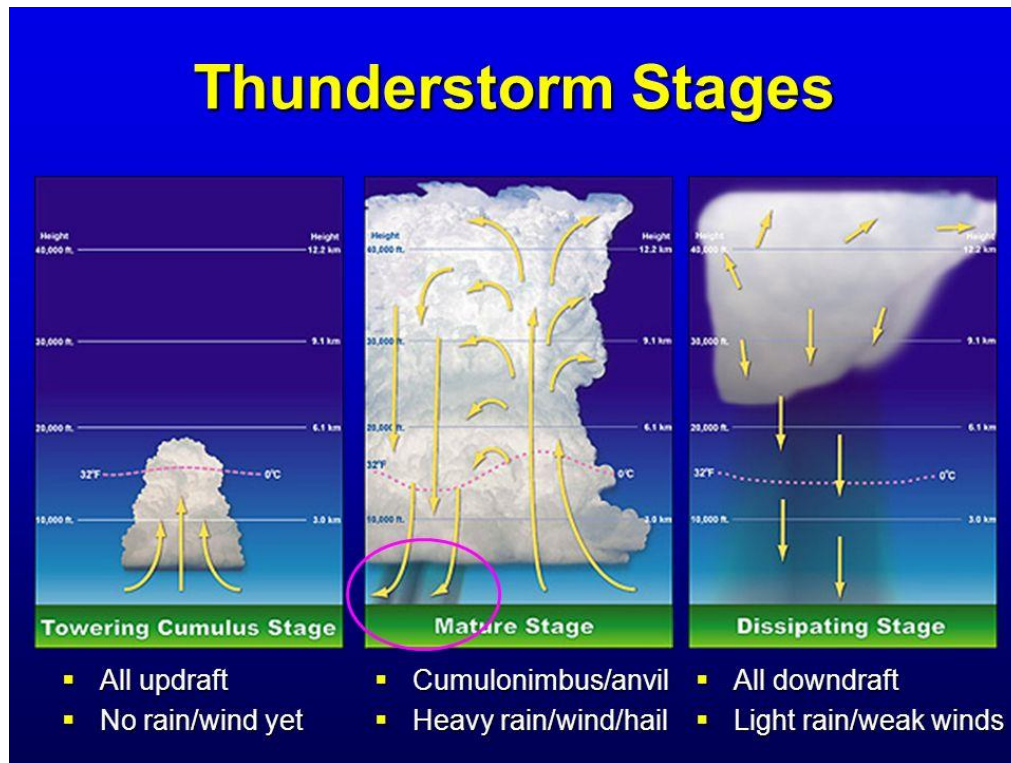


Figura 11: Esquema de com es desenvolupa una tempesta. Font: <https://www.windows2universe.org>

3.1.1 Fase de creixement

El cúmul es comença a desenvolupar i en estar més calent que l'ambient que el rodeja, es produeixen forts corrents ascendents que impedeixen que les precipitacions arribin al terra. Es forma el cumulonimbus (Figura 12).



Figura 12: Imatge d'un cumulonimbus. Fase de creixement. Font: <http://recmountain.com>

3.1.2 Fase de maduresa

Les partícules d'aigua ja no se sostenen i cauen en forma de pluja, produint-se també les descàrregues elèctriques. Forts vents descendents arriben a la superfície i fan baixar la temperatura.



Figura 13: Imatge dels núvols d'una tempesta en fase de maduresa. Font: <http://recmountain.com>

3.1.3 Fase de dissipació

Ja no hi ha corrents ascendents que aportin humitat a les capes altes. Finalitza la precipitació i les ratxes violentes de vent. La temperatura interior del núvol s'igualava amb la de l'exterior i es dissipa.



Figura 14: Imatge dels núvols d'una tempesta en fase de dissipació. Font:
<http://recmountain.com>

4. IMPACTE DE LES TEMPESTES I CONSEQÜÈNCIES PELS NAVEGANTS

Per entendre millor l'impacte que poden tenir les tempestes no només en els navegants sinó en la societat, es distingirà entre embarcacions d'esbarjo i vaixells de mercaderies. Les tempestes afecten a l'estat de la mar i pot fer canviar de rutes, haver de posposar alguna sortida programada o inclús posar en perill la seguretat humana i la del vaixell en els casos més extrems.

4.1 Embarcacions d'esbarjo

Una tempesta no hauria de ser problema per a una embarcació en bon estat i ben tripulat. La tempesta no arriba amb total imprevist i les precaucions es poden prendre amb temps, com reduir la vela, posada a punt de la tripulació, canvis de rumb per no trobar-se a prop d'una costa perillosa o en un canal estret, etc.



Figura 15: Dibuix d'un vaixell navegant durant una tempesta. Font: <https://www.deviantart.com>

Com a exemple, s'estudiarà el cas dels ciclons tropicals en particular, ja que poden arribar a ser les tempestes més violentes que ens podem trobar al mar (informació treta dels Apunts de Meteorologia Nàutica del grau de Nàutica i Transport Marítim de l'FNB, obra de Francesc Xavier Martínez de Osés).

Tots els ciclons s'originen en latituds properes a l'equador, però mai sobre el mateix, ja que per a què aparegui el gir ciclònic dels vents es necessita l'existència de la força desviadora de Coriolis; per aquest raó mai es produeixen a la zona equatorial, entre els 7° de latitud Nord i els 7° de latitud Sud.

Precisament, els períodes de l'any més propicis a l'aparició de ciclons són a la primavera i la tardor, a l'oceà Índic, i finals de l'estiu i primers de la tardor a la resta de les regions oceàniques.

Els ciclons tropicals es desplacen segons trajectòries que per a cadascun d'ells és característica pròpia, i depèn del camp de pressió que hi hagi a la zona.

Des de un punt de vista sinòptic, és a dir, de predicció, interessa que la trajectòria individual dels ciclons té la forma aproximada d'una paràbola. Al principi de la seva formació es traslladen pràcticament paral·lels a l'equador d'E a W (a l'hemisferi S van cap a l'W també) i aquests mai creuaran l'equador.

Després experimenten una modificació en la trajectòria, anomenada recorba, a partir de la qual el cicló es dirigeix cap al NW i després cap al N i NE. A l'hemisferi S en canvi, canvia cap al SW i després al S i SE:

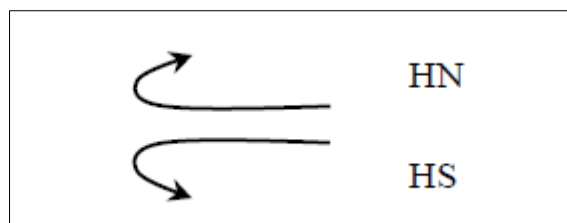


Figura 16: Exemples de les recorbes a l'hemisferi nord (HN) i al sud (HS). Font: Apunts de Meteorologia Nàutica.

Aquesta recorba es pot començar a preveure als voltants dels 15° i la seva velocitat abans de la mateixa acostuma a ser la meitat de la latitud on està.

Però els ciclons no sempre segueixen aquestes normes, sinó que la seva trajectòria pot variar o no presentar la recorba.

La seva velocitat de translació és molt variable, oscil·lant entre 60 i 500 milles al dia. S'ha comprovat que les trajectòries possibles dels ciclons estan sempre compreses en

àmplies àrees de centenars de milles d'amplada, que molt excepcionalment rebassen. En ocasions, surten de les seves regions típiques arribant a la zona temperada.

En el moment en què la mar subsident no és prou calenta, es debiliten aviat i es transformen en simples remolins d'aire calent que són absorbits pel sector càlid d'alguna gran borrasca.

D'aquesta manera, per exemple, alguns huracans del Carib arriben a endinsar-se a l'Atlàntic Nord i, seguint una trajectòria en direcció Est, es deixen notar a les costes Europees, amb forts vents i un altíssim onatge.

Les trajectòries dels huracans intensos, en canvi, segueixen el patró esmentat tot i que en el cas de l'Atlàntic entre Juny i Juliol no són habituals i quan comencen a produir-se, ho fan en el golf de Mèxic o al carib occidental, dirigint-se després cap al Nord o a l'Oest.

Des de l'Agost a primers d'Octubre, la intensificació a huracans més importants es pot donar en qualsevol punt de l'Atlàntic central i occidental entre els paral·lels de latitud de 10°N i 35°N. A mitjans Octubre la seva formació es limita quasi exclusivament al Carib occidental o la zona entre Bahamas i bermuda i probablement agafen una trajectòria N o NE, inclòs ocasionalment apropant-se a la costa atlàntica dels Estats Units.

Com es pot veure a la Figura 17, les isòbares acostumen a ser circulars i de forma que la pressió al centre del cicló tropical és molt baixa.

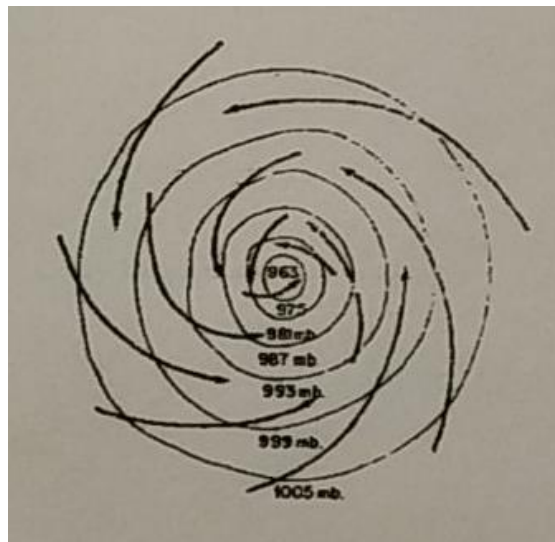


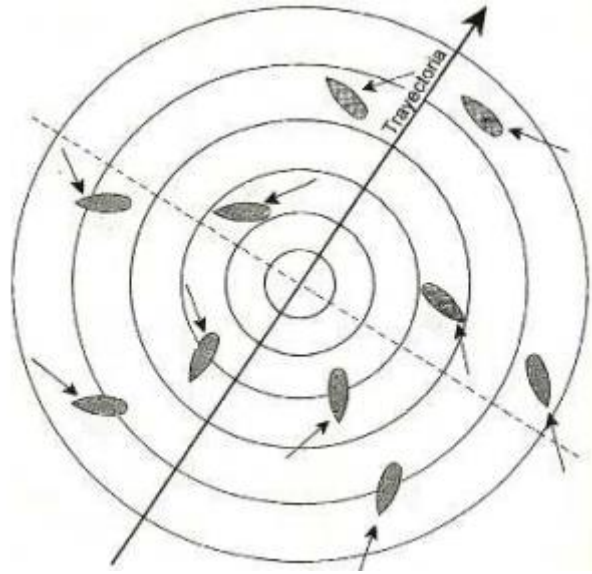
Figura 17: Esquema orientatiu de les isòbares d'un cicló. Font: Apunts de Meteorologia Nàutica

Degut al poc espai que ocupa, hi ha una forta variació de la pressió entre el centre (vèrtex) i els extrems del cicló. En el centre la mar serà confusa, venint de totes direccions, però sense presència de vent. Si travesséssim el centre, notaríem que al sortir del vèrtex el vent ens vindria d'una direcció oposada a la què ens venia abans d'entrar.

Es per això que es pot fer una divisió en 4 zones del cos del cicló basant-nos en les direccions del vent.

Sempre posant d'exemple l'hemisferi Nord, segons la direcció de desplaçament del cicló (la trajectòria) es distingeixen 2 semicercles, el dret i l'esquerre, tal i com es mostra a la Figura 18:

Semicercle esquerre (manejable)



Semicercle dret (perillós)

Figura 18: Divisió del cicló en semicercles. Font: <http://aulanautica.org>

El semicercle dret és anomenat “perillós”, i a l’esquerre “manejable” (a l’hemisferi Sud es al revés). Això és degut a què en el sector perillós el vaixell serà arrossegat (degut a la direcció del vent) cap al centre i en canvi en el sector manejable serà arrossegat cap a la part posterior de la seva trajectòria, és a dir, cap a fora del cicló. I si està en la part anterior corre el risc de que el cicló se li tiri a sobre al recorbar-se.

La intensitat del vent és major al sector perillós que al sector manejable perquè el cicló es mou cap al sector anterior.

Tots aquests criteris s’hauran de tenir en compte a l’hora de planejar la derrota per com pugui afectar a la navegació.

4.2 Vaixells mercants

Només per la mida i els recursos que tenen que els diferencien de les embarcacions més petites, ja és d'imaginar que no patiran les mateixes conseqüències de les tempestes.



Figura 19: Imatge d'un vaixell mercant navegant durant una tempesta. Font: <https://www.columbiariverbarpilots.com/>

Tot i així, per mal temps, la seva sortida del port es pot veure afectada per ser perillós fer les maniobres quan les condicions de mar i vent no són les apropiades. Això pot comportar demores i paralitzacions en les rutes de comerç i l'entrega de les mercaderies a destí es pot veure demorada.

A més, la mercaderia pot acabar perjudicada si la tempesta passa durant el transcurs del viatge. En els portacontenidors, per exemple, per onatge i vent, els contenidors que vagin estibats sobrecoberta, es poden danyar o inclús caure si estan mal trincats o es trenquen les trinquets.

5. ESTUDI DE CASOS EXTREMS I PARTICULARS A LA MEDITERRÀNIA

La costa mediterrània espanyola està situada geogràficament en una zona de perfecta confluència marítima per a la formació de potents sistemes, i es veu afectada de manera regular per aquests fenòmens durant tot l'any, especialment a la tardor quan arriben grans masses d'aire fred en altura. La zona de transició climàtica entre les masses d'aire càlides i humides de gènesis mediterrànies i les fredes del nord fa que la zona es trobi en un camp d'inestabilitat durant bona part de l'any.

A continuació es tracten alguns d'aquets fenòmens propis del Mediterrani.

5.1 Sistemes Convectius Mesoescalars o MCC

Els Sistemes Convectius Mesoescalars (MCC), són unes estructures atmosfèriques potencialment generadores de temps advers i sever en superfície que poden afectar a grans extensions de territori, amb cicles de vida que van més enllà d'una tempesta, podent persistir més de 24 hores. A més, són una de les estructures més grans en extensió que es poden donar dins dels fenòmens categoritzats com de mesoescala.

La mesoescala és la part de meteorologia encarregada d'estudiar els sistemes de temps que són més petits que els de l'escala sinòptica (per exemple, borrasques, anticiclons, etc.) però que són més grans que els sistemes de microescala, com els remolins, les ratxes de vent, etc.

Són els fenòmens de mesoescala els que posseeixen major impacte social en quant a pèrdues humanes i danys materials es refereix. En particular, aquells que generen pluges intenses, inundacions sobtades, gran nombre de rajos, calamarsades severes, tornados, etc. En aquest sentit els fenòmens convectius són els de major incidència en les nostres vides quotidianes i latituds. Són ells els que ens afecten de forma directa i condicionen el temps advers en moltes zones d'Espanya.

Els MCC són estructures de major grau d'organització que les tempestes supercel·lulars. Un conjunt de tempestes se sol organitzar preferentment en línia, per organitzar-se en un sistema lineal de tempestes sota un gran mantell superior de núvols alts. Les zones

afectades pels MCC són àmplies i generalitzades, ja que la durada i extensió d'aquestes estructures són descomunals.

En la seva evolució es pot observar en la seva fase madura una zona de pluja contínua i estratiforme on hi ha tempestes i una altra zona, més o menys lineal, amb focus molt intensos potencialment severes. Moltes de les inundacions generalitzades observades a Espanya es deuen als MCC. Quan els MCC aconsegueixen certes grandàries descomunals se'ls denomina CCM o Complexos Convectius Mesoescalars.

5.2 DANA o gota freda

La DANA, o Depressió Aïllada en Nivells Alts, consisteix en un embossament d'aire fred que ocasiona pluges torrencials, baixada de les temperatures i fortes ratxes de vent. Es tracta d'una tempesta de gota freda.

La gota freda o DANA, és un fenomen meteorològic anual que sol coincidir amb l'inici de la tardor en el Mediterrani occidental. S'experimenta particularment a Espanya i més concretament al llarg de la costa aquest i les illes Balears, encara que els seus efectes poden sentir-se en zones interiors també.

A grans trets, la gota freda és el resultat d'un front d'aire polar fred que avança lentament sobre Europa Occidental a gran altura (normalment 5-9 km) i que, en xocar amb l'aire més càlid i humit del Mar Mediterrani, genera fortes tempestes.



Figura 20: Representació d'una DANA. Font: La voz de Galicia

5.2.1 Descripció

Günter D. Roth, un astrònom alemany, va definir a la gota freda com “un anticicló entre 5000 i 10000 metres d'altitud, el nucli del qual consisteix en aire molt fred, que provoca tempestes i pluges molt fredes”. Encara que bàsicament correcta, aquesta definició és poc satisfactòria per dos motius: en primer lloc, no es tracta d'un anticicló sinó de tot el contrari, és a dir, d'una depressió aïllada en nivells alts i d'aquí el nom més apropiat que rep en meteorologia de DANA, és a dir, Depressió Aïllada en Nivells Alts, que es forma en produir-se una ruptura en la circulació general de l'oest (en el cas de latituds mitjanes), provocant d'aquesta manera que el corrent generi un branc descendent que s'aïlla de la circulació general.

En produir-se aquesta incursió del corrent polar en latituds menors, es genera una "gota" d'aire fred que es veu envoltada d'una gran massa d'aire càlid (anticicló subtropical). Això propícia, com a conseqüència del gradient tèrmic vertical, l'ascens d'una gran massa d'aire calent i humit fins a les capes mitjanes i altes atmosfèriques.

I en segon lloc, l'expressió «pluges molt fredes» no té major sentit: les precipitacions sempre tenen la temperatura de l'aire on es desenvolupen. Sovint, l'ascens de la columna

d'aire és tan ràpida que es refreda molt bruscament, produint-se calamarsa. És per això que el nom que millor representa aquest fenomen és el de DANA i el seu origen sempre es localitza, com les sigles indiquen, en els nivells alts de l'atmosfera. Els efectes associats a aquesta depressió de capes altes es deixen notar, especialment, en zones costaneres on es concentren aigües a una temperatura elevada, que dóna origen a l'ascens d'aire humit i càlid que produeix pluges molt intenses i duradores.

El diàmetre d'una gota freda pot arribar a tenir uns centenars de quilòmetres. És homogeni i sense línia de front que ho separi de les masses circumdants, i té una influència determinant sobre el temps. La gota freda condueix generalment a una circulació atmosfèrica en la qual no existeix una component de vents determinant ja que ha quedat exclosa de la circulació general de l'oest. Ens trobem llavors, amb la formació d'una depressió aïllada en nivells alts de l'atmosfera.

5.2.2 Formació i efectes del fenomen

El seu origen està íntimament relacionat, com ja s'ha esmentat, al corrent polar, jet stream o doll polar. Aquest pateix una ruptura que produeix un aïllament d'una petita porció d'aire fred de la circulació general, situant-se en entorns clarament més càlids.

Per tant, podem dir que la gota freda és una massa d'aire que es desprèn d'un corrent molt fred i que descendeix sobre un altre d'aire calent, produint grans pertorbacions atmosfèriques (ex.: pluges torrencials).

La gota freda és un fenomen meteorològic d'alta perillositat a les zones on es produeix. Les màximes precipitacions tardorenques en les costes de l'est de la península s'han produït sempre durant aquest tipus de fenòmens, podent arribar a causar greus inundacions, erosió, nombroses víctimes i destruccions localitzades o en àrees bastant extenses.

S'arriba a extrems de pluges intenses que, com a Gandia (València) en 1987 va arribar a superar els 500 l/m², una quantitat equivalent a una mica més del que plou a la zona en tot un any.

El vent pot arribar a més de 140 km/h en la costa causant caigudes d'arbres, però a l'interior amaina ràpidament de manera considerable.

La maregassa resultant pot destruir platges, embarcacions i passejos marítims, arribant a penetrar el mar en terra ferma i arribant a destruir els locals en primera línia. Les maregasses pròpies de la gota freda no són tan poderoses com les dels huracans, però així i tot poden elevar el nivell del mar 1 metre o més empassant-se platges i passejos. Els onatges solen superar els 4 o 5 m d'altura, amb ones que sense ser molt altes alberguen una gran potència per la seva curta longitud d'ona.

5.2.3 Gotes fredes importants a Espanya

Balears. En menys de 2 hores, el 6 de setembre de 1989 van caure 188 litres per metre quadrat sobre Manacor i 192 en Porto Crist Mallorca amb conseqüències devastadores i un total de 5 morts, canviant per molt temps l'aspecte del litoral de la costa de llevant.

Almeria. L'11 de setembre de 1891 una sobtada gota freda va assolir gairebé la totalitat de la província d'Almeria, desbordant rius i rambles. Va haver-hi desenes de morts. Després de la mateixa, es va decidir canalitzar la rambla de Belén al seu pas per la ciutat d'Almeria.

València. El 14 d'octubre de 1957 es va inundar la ciutat de València la qual cosa va motivar la creació del nou llit del riu Túria.

Alacant. Al 1982 i al 1997 van tenir ocasió dues devastadores inundacions, causant desenes de morts. Es calcula que van ploure prop de 300 mm, en escasses hores.

Barcelona (inundacions en les conques dels rius Llobregat i Besós), Castelló (inundacions en la Rambla de la Vídua) i a les illes Balears (inundacions a Palma de Mallorca i Andratx), el 25 de setembre de 1962.

Murcia. Desbordament del Riu Guadalentín i el seu afluent, la rambla Nogalte i Granada (rambla de Albuñol) el 19 d'octubre de 1973.

Bilbao 1983. El 26 d'agost de 1983 es va desbordar la ria del Nervión en diversos punts de Biscaia, especialment a Bilbao, on l'aigua va arribar als 5 metres en alguns punts de la capital biscaïna. Va causar 34 morts i 5 desapareguts.

Comarca de la Ribera (província de València). Una gota freda el 20 d'octubre de 1982 va esfondrar el pantà de Tous i el Xúquer va inundar tota la comarca de la Ribera produint grans danys, on pobles sencers van quedar inundats.

Gandia i Oliva 1987. Fortes pluges que van superar els 500 l/m² van assolir la comarca de la Safor (València). A Oliva es va aconseguir el rècord d'Espanya de quantitat d'aigua plouguda en 24 hores: 817 l/m².

Regió de Múrcia i província d'Alacant 1989. Diverses víctimes en Bolnuevo, Mazarrón. Plugues intenses en la conca del Segura que provoquen el desbordament en diversos punts, entre ells a Oriola.

Castelló i Nord de València, en 2000. Els últims dies del mes d'octubre un llarg període de gota freda va provocar precipitacions acumulades de més de 600 l/m² en tres dies que van desbordar rius com el Palancia, Veig, Mijares i van provocar serioses inundacions a Onda, Nules, Castelló i Vall de Uxó i a punt van estar d'assolir l'embassament de Maria Cristina i el de Benitandús.

Tenerife en 2002. Una gota freda va ocasionar pluges torrencials a l'àrea metropolitana de Santa Cruz de Tenerife, deixant un balanç de 8 morts, 12 desapareguts i pèrdues materials per valor de 90 milions d'euros.

Beniarbeig 2007. La gota freda del 12 i 13 d'octubre, va sobrepassar els 400 mm de precipitació en alguns punts (Els Poblets, El Verger, Beniarbeig) i van causar la major crescuda documentada del riu Girona, destruint el pont de Beniarbeig i inundant bona part d'aquesta població.

Regió de Múrcia, 2012. A la Vall del Guadalentín, set víctimes mortals, caiguda del pont de l'autovia a Puerto Lumbreras, milers d'animals enterrats amb el risc de produir seriosos problemes sanitaris, carreteres trencades i centenars d'habitatges afectats.

5.3 Medicanes

A part dels ciclons, també existeixen un altre tipus de baixes o ciclons en superfície l'aparença visual de la qual i mecanisme intern de funcionament és molt similar al d'un cicló tropical però sense que el seu origen sigui en latituds tropicals.

Aquestes baixes tancades tenen una grandària més reduïda en quant a dimensions horitzontals, i per això se les classifica com a baixes mesoescalars. Poden esdevenir sobre qualsevol zona marítima, sense importar que siguin regions d'altres latituds, i sobre

mares o oceans freds. En aquests casos, en l'idioma anglosaxó se'ls dona el nom genèric de *Tropical-Like Cyclones* o *ciclons similars o semblats als tropicals*.

Quan aquests esdevenen en la conca Mediterrània se'ls denomina de diverses maneres com *Medicanes* (“*medi*”, mediterrani, i “*cane*”, de *hurricane*, huracà en anglès), també *Tropical-Like Cyclones*, o *Hurricane-Like Cyclones*. A més, aquestes baixes mostren una aparença visual molt característica i pròpia d'aquesta conca, tal i com mostra la Figura 21.

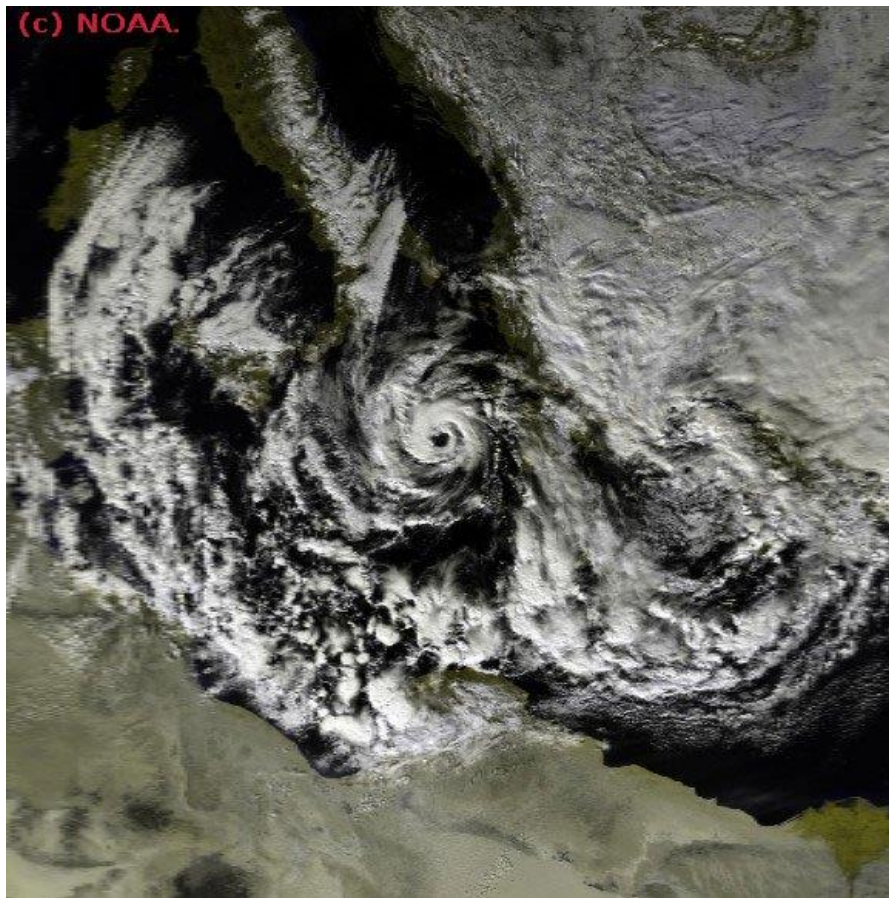


Figura 21: Imatge d'un Medican que es va produir al gener de 1995 al sud d'Itàlia.

Font: Administració Nacional Oceànica i Atmosfèrica (acrònim en anglès: NOAA)

Una configuració atmosfèrica molt comú i que més afavoreix la seva aparició és el despreniment de borrasques de latituds mitjanes de l'oest que es desplacen sobre les aigües més càlides del mediterrani lentament. La borrasca mare és baroclínica en origen, és a dir, el seu desenvolupament i manteniment es deu al contrast tèrmic que existeix en

l'atmosfera, tant horitzontal com a vertical, típica de les borrasques polars. La borrasca inicialment és una anomalia d'aire fred en tots els nivells.

El procés sol desembocar en la formació d'una borrasca freda aïllada en superfície i que en altura porta associada una depressió aïllada de nivells alts (DANA). En ocasions, la borrasca freda aïllada en superfície roman estàtica en quant al seu moviment, i es fa molt persistent encara que es va afeblint amb el pas del temps. Es manté, d'altra banda, la DANA, encara que pot també patir un debilitament progressiu.

En un moment del seu cicle de vida la baixa en superfície i la d'altura se situen ambdues en la vertical afavorint els desenvolupaments convectius quan se situen sobre aigües marines més càlides que l'aire ambiental.

6. ANÀLISI DE LES CONDICIONS EN QUÈ ES DONEN LES PRECIPITACIONS DURANT 5 MESOS A UNA LOCALITAT DE BARCELONA

6.1 Metodologia

La part pràctica d'aquest treball consisteix en l'anàlisi de diverses dades que s'han anat recollint durant 5 mesos, des del 17 d'abril fins al 17 de setembre de 2018, a la província de Barcelona.

Es va escollir com a proveïdora de les dades, aleatòriament, l'estació meteorològica de Balsareny, situada al nord de la comarca del Bages. Les dades recollides s'inclouran en el capítol 10 del treball, anomenat Annexos.

Cal tenir en compte que es troba a 327 metres d'altitud.

Les dades s'han recollit de manera diària mitjançant la web de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET), i són les següents:

- Temperatura màxima (°C)
- Temperatura mínima (°C)
- Temperatura mitjana (°C)
- Vent màxim al què s'arriba durant el dia (km/h)
- Precipitacions entre les 00:00h i les 06:00h (mm)
- Precipitacions entre les 06:00h i les 12:00h (mm)
- Precipitacions entre les 12:00h i les 18:00h (mm)
- Precipitacions entre les 18:00h i les 24:00h (mm)
- Sumatori de precipitacions entre les 00:00h i les 24:00 (mm)

S'analitzarà cada mes en particular de dues maneres diferents:

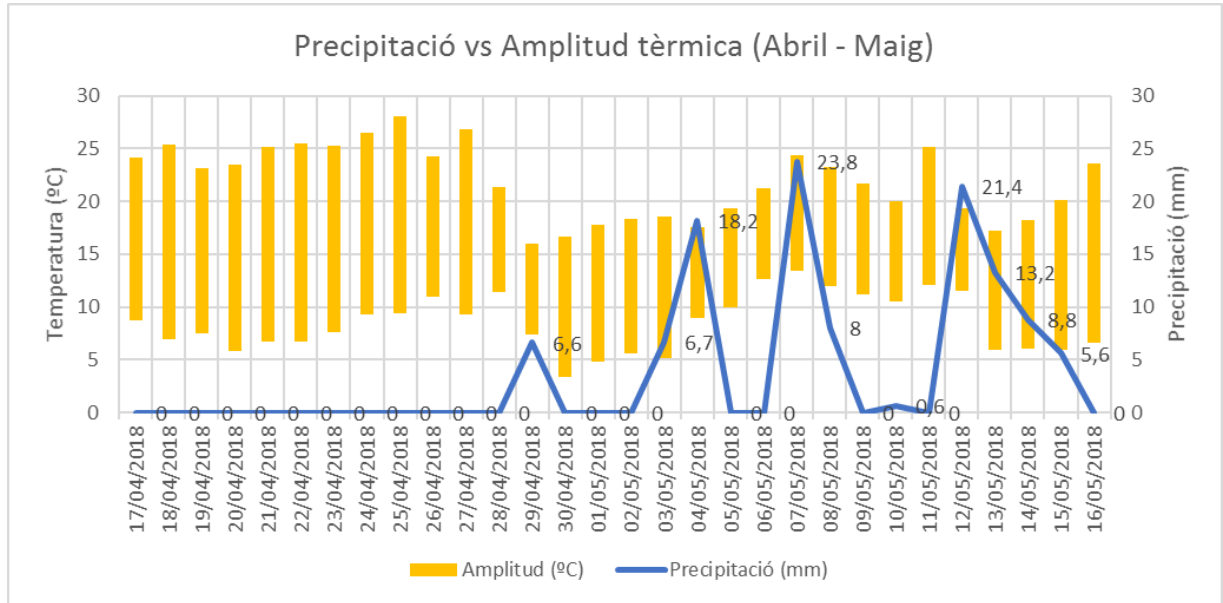
Per una part, s'estudiaran les variacions diàries de temperatura (amplitud tèrmica), és a dir, amb els valors de màximes i mínimes, amb les precipitacions que han esdevingut i s'analitzarà si tenen relació o no.

Per una altra part, s'estudiaran les precipitacions en relació amb la velocitat màxima a la que arriba el vent durant el dia (ratxa), i s'analitzarà si afecta d'alguna manera a una d'aquestes variables o l'altra.

A més, es realitzarà un estudi de les precipitacions durant els 5 mesos, analitzant en quins mesos ha plogut més o menys i, segons el mes, veure si és significativa la franja horària en la que acostuma a ploure més.

6.2 Anàlisi per mesos de les condicions de precipitació vs l'amplitud tèrmica i la ratxa de vents

6.2.1 Primer mes (Abril – Maig)

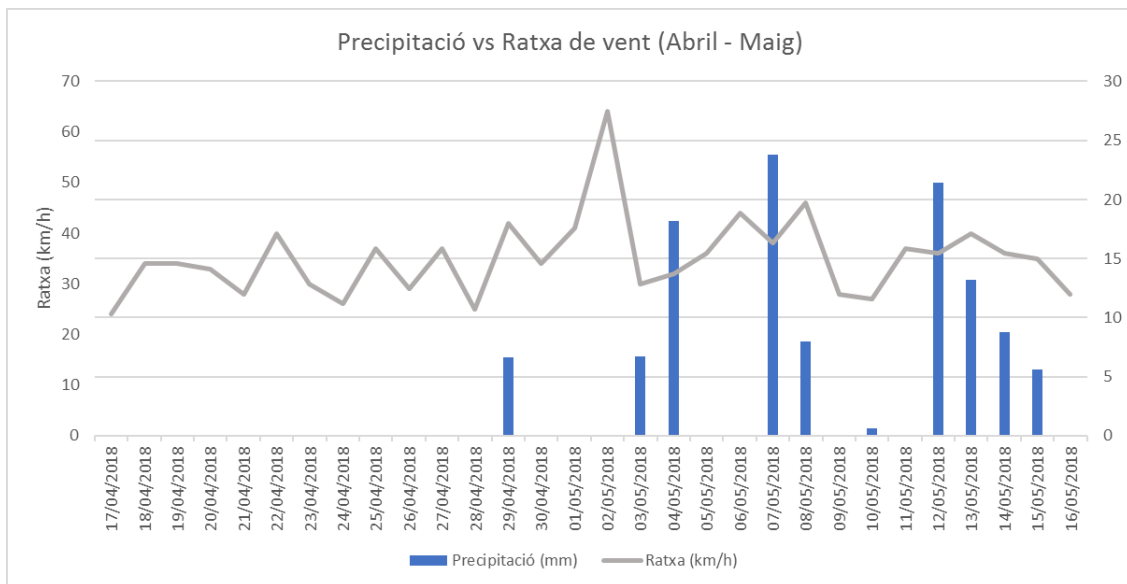


Gràfica 1: Precipitació vs Amplitud tèrmica. Abril – Maig. Font: Pròpia

Analitzant la quantitat de precipitació en relació a l'amplitud tèrmica que mostra la gràfica 1, es pot extreure que els dies en què ha plogut, són dies en què hi ha hagut menys variació de temperatura. Que hi hagi menys variació de les temperatures es tradueix en què les màximes són més baixes i les mínimes més altes del què haurien de ser.

Que les temperatures s'allunyin dels seus valors normals, està relacionat amb la inestabilitat atmosfèrica. Com ja sabem, la inestabilitat atmosfèrica suposa indicis de canvis propers i pot comportar un empitjorament del temps i pluges.

És per això que les precipitacions s'han donat en els dies en què les temperatures han diferit del què acostumen a ser la resta de dies.



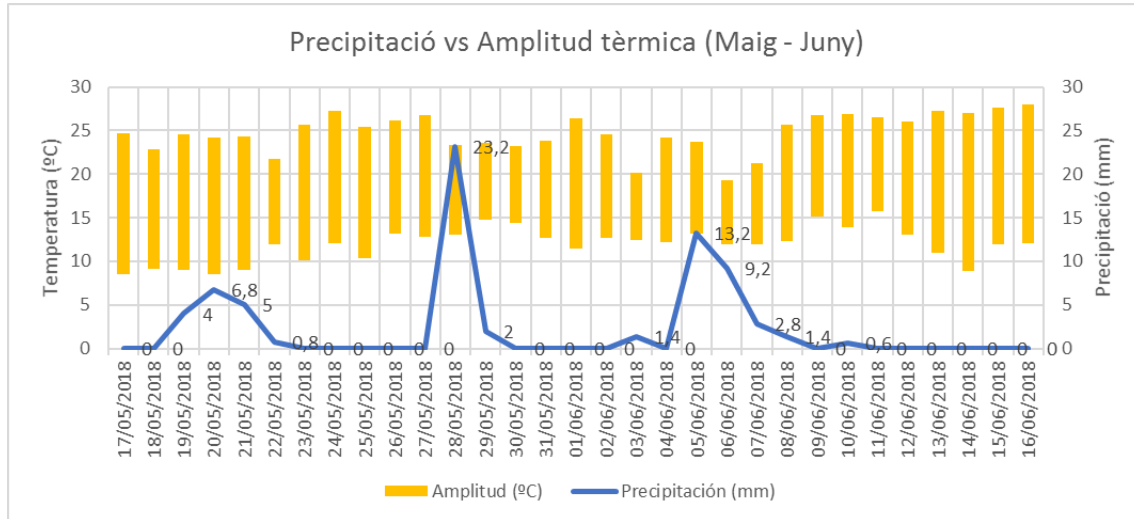
Gràfica 2: Precipitació vs Ratxa de vent. Abril – Maig. Font: Pròpia.

Analitzant la velocitat màxima a la que arriba el vent durant el dia en relació amb les precipitacions que mostra la gràfica 2, no sembla que existeixi algun tipus de relació ben clara.

Si bé veiem que durant el 29/04, que va ploure, hi ha un pic de la ratxa de vent, veiem què altres dies en els què va ploure més, com el 04/05 o el 07/05, no hi ha un increment significatiu de la ratxa. Durant el dia 07/05 inclús decreix, tot i que venia d'un pic més elevat el dia anterior i just el dia de després torna a incrementar.

Es pot apreciar també una petita caiguda de la ratxa durant el dia 12/05, quan també és significativa la precipitació, i que just augmenta al dia següent.

6.2.2 Segon mes (Maig – Juny)



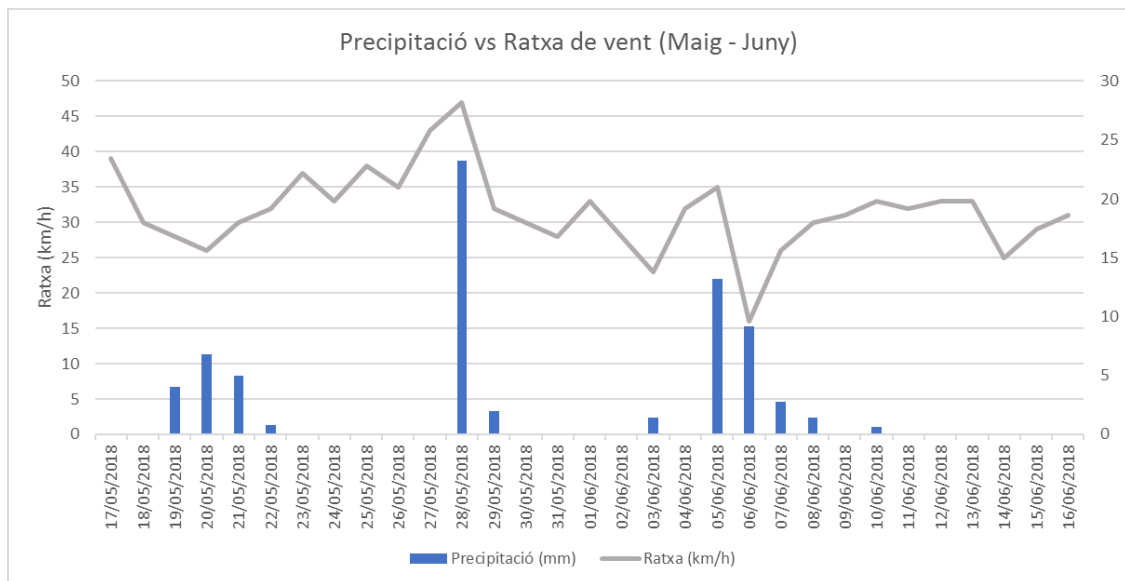
Gràfica 3: Precipitació vs Amplitud tèrmica. Maig – Juny. Font: Pròpia.

Tal i com passa amb el primer mes, analitzant la gràfica 3, també es pot extreure que els dies en què ha plogut acostumen a ser dies en què és menor la variació de temperatura.

També és cert que no és sempre així, es poden veure dies en què ha plogut i no era petita la variació (dia 20/05) o dies en què la variació ha estat molt petita però tot i així no ha plogut (com és el cas del dia 03/06).

És un camp massa variable com per fer anàlisis i extreure resultats cent per cent fiables. Caldria ampliar molt més la mostra per confirmar, que sempre sigui d'aquesta manera. Tot i així, podem veure que en la majoria dels casos coincideix amb aquesta hipòtesi.

És per això que es podria concloure el mateix, que les precipitacions acostumen a donar-se en els dies en què les temperatures presenten una menor amplitud tèrmica durant el dia.



Gràfica 4: Precipitació vs Ratxa de vent. Maig – Juny. Font: Pròpia.

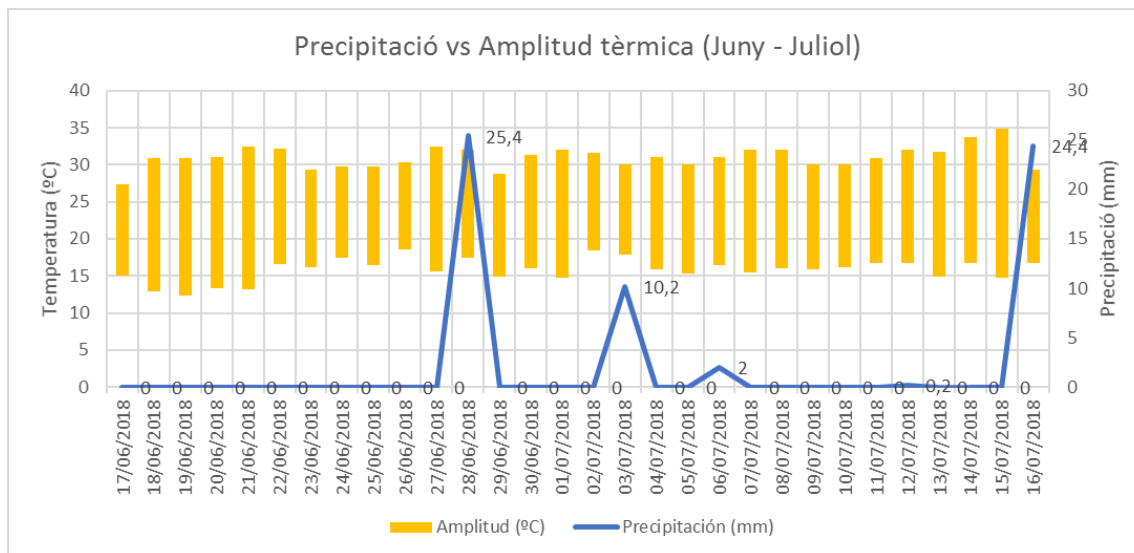
En la gràfica 4 podem veure algun pic de vent en condicions de precipitació, com és el cas del dia 28/05, o incús el 05/06.

Podríem arribar a imaginar que el 28/05 probablement va haver-hi tempesta, per la quantitat de precipitació i per la presència de majors vents.

També veiem, en canvi, una baixada molt considerada de la ratxa de vent durant el dia 06/06, condició de precipitació també.

Segons aquesta gràfica es podria extreure que, excepte en casos de tempesta que sí que acostumen a produir-se vents majors, les precipitacions no estan directament relacionades amb les condicions de vent.

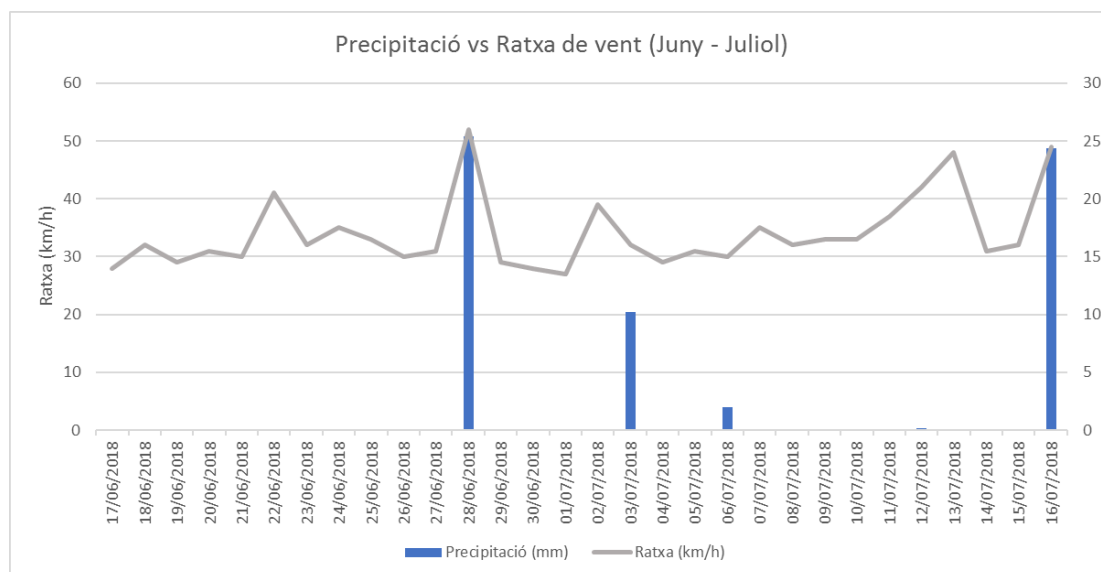
6.2.3 Tercer mes (Juny – Juliol)



Gràfica 5: Precipitació vs Amplitud tèrmica. Juny – Juliol. Font: Pròpia.

Seguint amb l'anàlisi de la gràfica 5, també es pot comprovar que en els dies en què ha plogut l'amplitud tèrmica ha estat petita.

Com hem vist en el cas anterior, també és cert que no sempre que l'amplitud ha estat menor, ha plogut. Tot i així, seguim amb la mateixa hipòtesi i es conclou que acostuma a ploure quan és menor la variació de temperatura durant el dia.

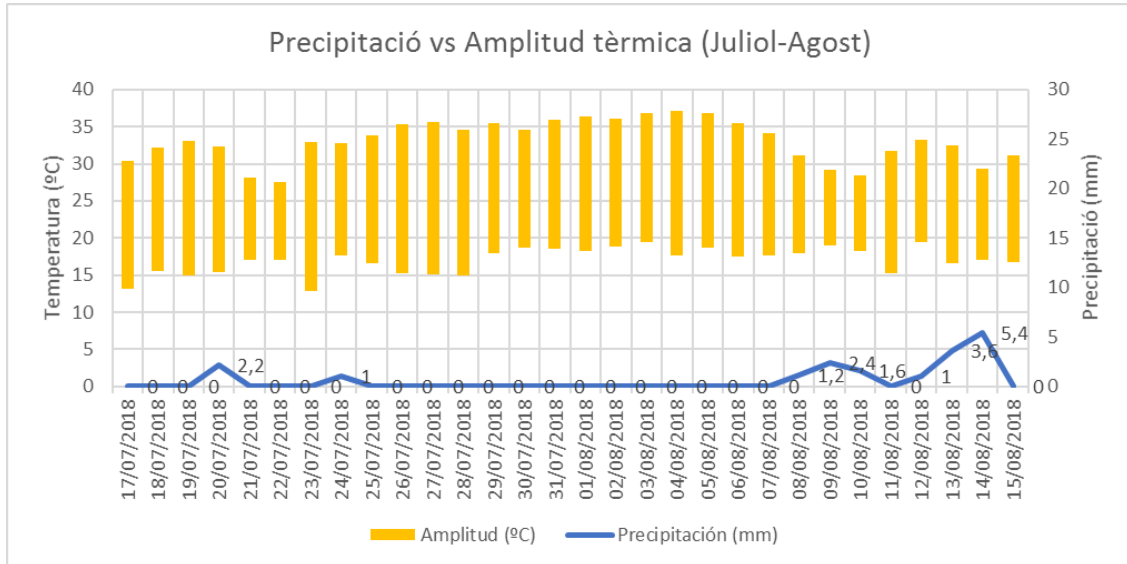


Gràfica 6: Precipitació vs Ratxa de vent. Juny – Juliol. Font: Pròpia.

En aquesta gràfica (gràfica 6) sí que es poden veure pics considerables quan ha plogut més (el 28/06 i el 16/07).

Segurament siguin situacions de tempesta, ja que els valors de precipitacions i de vent són més elevats.

6.2.4 Quart mes (Juliol – Agost)

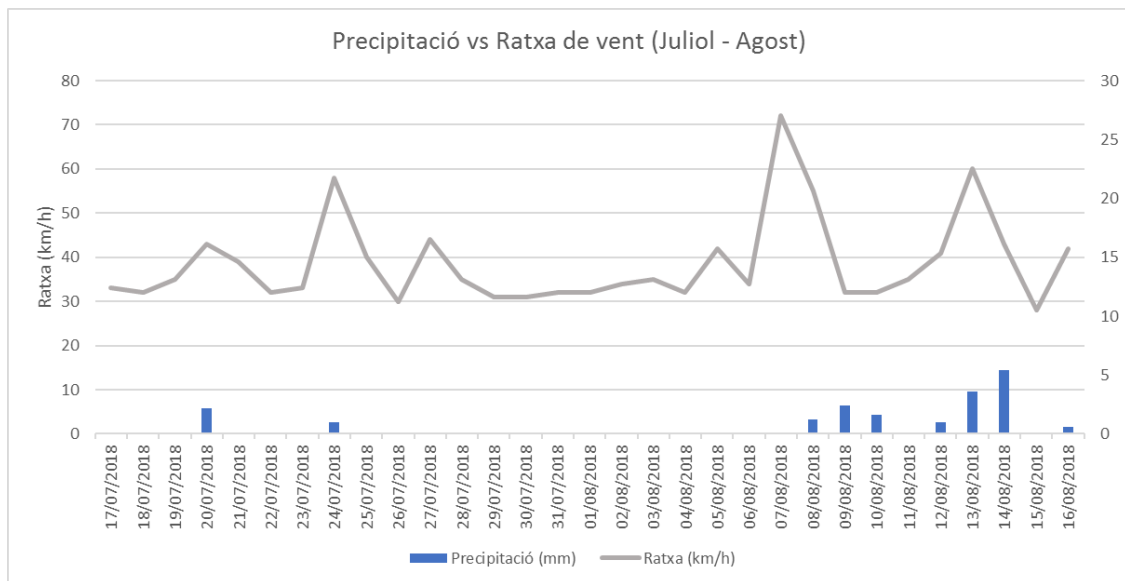


Gràfica 7: Precipitació vs Amplitud tèrmica. Juliol – Agost. Font: Pròpia.

Com es pot observar en la gràfica 7, hi ha una mica de discrepància, com passava amb el segon mes (Maig – Juny). Si prenem com exemple el dia 20/07, veiem que tot i haver plogut, l'amplitud tèrmica està dins dels valors normals.

Com ja s'ha esmentat, és un camp molt variable i aquests factors no sempre intervenen de la mateixa manera. Encara així, com en els casos anteriors, sí que veiem que hi ha hagut més dies en què sí que s'ha complert la hipòtesi esmentada, com és el cas del 09/08 i del 14/08.

S'ha de tenir en compte també que les quantitats de precipitació han estat bastant més baixes que en el mesos anteriors, parlant de al voltant de 24 mm entre Maig i Juny com a màxima, i de 5'4 mm durant Juliol – Agost com a màxima. No es pot obtenir una bona comparació amb aquestes dades de quantitat de pluja.

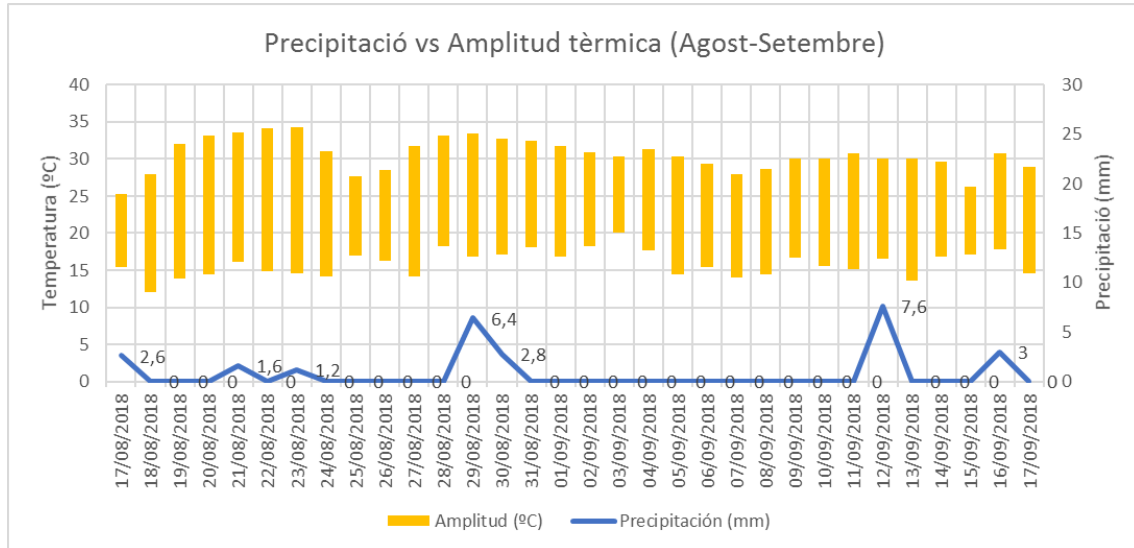


Gràfica 8: Precipitació vs Ratxa de vent. Juliol – Agost. Font: Pròpia.

Tal i com podem veure a la gràfica 8, i com esmentat en la gràfica 7, durant el període de Juliol – Agost ha plogut de manera molt escassa. Això dificulta l'extracció de conclusions.

Tot i així, es pot remarcar que durant els dies en què ha plogut, la ratxa de vent era bastant elevada, com en el cas del 08/08, tot i que durant el 09/08 disminueix dràsticament, i en el cas del 13/08 i 14/08, on torna a incrementar.

6.2.5 Cinquè mes (Agost – Setembre)



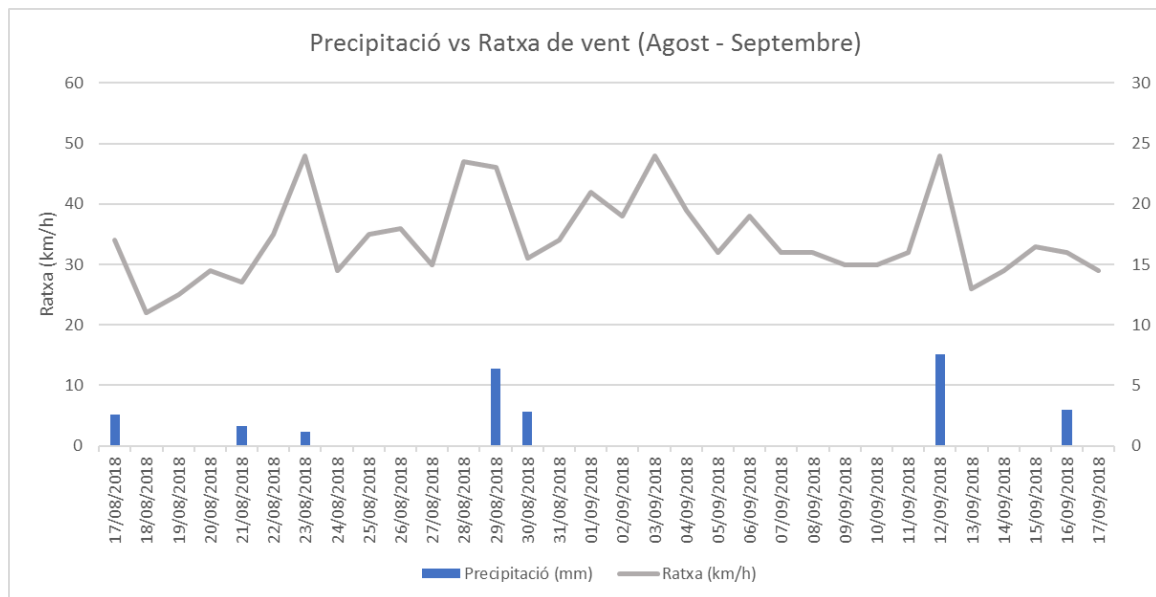
Gràfica 9: Precipitació vs Amplitud tèrmica. Agost – Setembre. Font: Pròpia.

Aquest és el període més discrepant. La gràfica 9 mostra que, si bé el dia 17/08 sí que compleix amb la hipòtesi descrita, la resta de dies no ho fan.

Si ens fixem amb els dies 29/08 i 12/09, els dies en què més ha plogut, veiem que l'amplitud tèrmica no és especialment petita, encara que tampoc és de les més grans.

En aquest cas els valors de precipitació també han estat bastant més baixos que en el mesos anteriors.

El fet de no haver pogut recollir les dades en els mesos de primavera i tardor, que és quan més acostuma a ploure, també dificulta una mica l'estudi. S'han donat molts pocs dies de pluja durant aquests mesos, i això ha fet que es tinguin menys dades per comparar i analitzar per així poder extreure unes conclusions més precises.



Gràfica 10: Precipitació vs Ratxa de vent. Agost – Setembre. Font: Pròpia.

Tot i que la quantitat de precipitació no ha estat gaire elevada, durant aquets període la gràfica 10 mostra certs pics de vent quan hi ha precipitacions.

Malgrat això, la pluja ha estat escassa, i no es poden treure dades concloents de què les condicions de vent afectin directament a les precipitacions i tampoc al revés, que les precipitacions condicionin els valors de les velocitats màximes de vent.

6.3 Anàlisi dels 5 mesos de la quantitat de precipitacions per franges horàries

S'ha elaborat una taula (Taula 1) amb les dades recollides amb el valor de les precipitacions, en mm, segons la franja horària en la què s'han produït, i s'ha estudiat cada període de mesos per separat:

Precipitació (mm)	00h-06h	06h-12h	12h-18h	18h-24h	SUMATORI
Abril-Maig	7,7	9,3	44,7	51,2	112,9
Maig-Juny	2,2	1,6	49,6	17	70,4
Juny-Juliol	0	24,8	30,4	7	62,2
Juliol-Agost	7	0,2	4,2	7,6	19
Agost-Setembre	2,8	0	1,4	21	25,2

Taula 1: Precipitacions segons franja horària dels 5 mesos. Font: Pròpia.

Veiem que en el període en què ha plogut més ha estat d'abril a maig, com a conseqüència de les pluges característiques de la primavera. El segueix el període de maig a juny, on encara es noten els efectes d'aquesta estació.

Quan menys plou és durant el període de juliol a agost. Tret d'alguna de les típiques pluges d'estiu, no acostuma a ploure durant aquesta estació. Més tard, quan ja s'apropa mitjans de setembre, tornen a incrementar una mica les pluges.

Per entendre per què passa, s'ha de partir del fet què la pluja és el resultat del vapor d'aigua que es condensa en l'atmosfera, que no ho fa fins que l'aire se satura. L'aire arriba al punt de saturació quan conté la màxima quantitat de vapor d'aigua que pot absorbir, sempre a una temperatura determinada.

Podem dir per tant que la saturació depèn de la temperatura. A 100°C es necessiten gairebé 0'6 grams per litre d'aire per a la condensació, mentre que a 0°C n'hi ha prou amb menys d'una centena de gram per a aquesta condensació (Antonio Ruiz de Elvira, El Mundo, 2018)

A l'estiu, l'aire conté molt més vapor d'aigua que a l'hivern, ja que la calor del sol vaporitza l'aigua, els rius, embassaments i sobretot les plantes. Durant l'estiu no plou gaire, doncs l'aire està tan calent que es necessiten més desenes de gram per litre per saturar-lo del què hi ha en l'atmosfera. Només quan es produeix una invasió d'aire polar arrossegat pel doll polar, l'aire fred (en virtut de la seva menor temperatura) produeix una condensació brusca i genera pluges fortes.

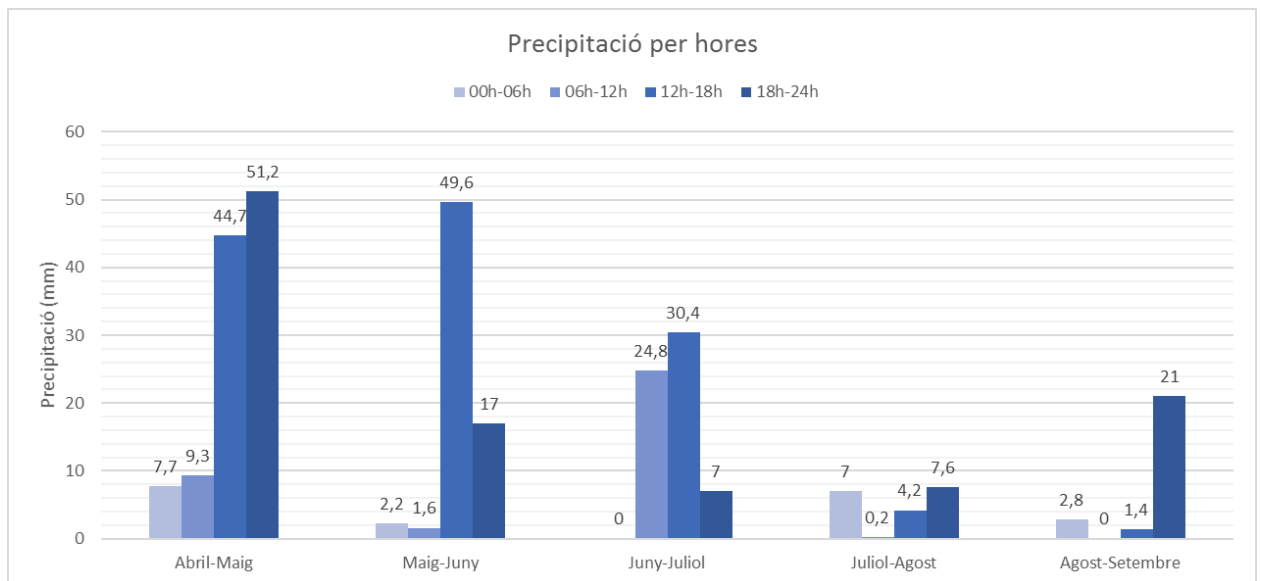
Amb la tardor, comença a haver-hi més presència del doll polar, que injecta aire fred a l'atmosfera damunt d'Espanya. Amb el vapor d'aigua existent en l'atmosfera i l'aire fred, es condensa l'aigua i comença a ploure. Aquest mecanisme dura mentre hi ha aigua en el sol i aquesta s'evapora per la calor que encara reté el mateix i la transpiració dels arbres que encara no han perdut les fulles.

El sol es va refredant cada cop més i evapora cada vegada menys aigua, i els arbres, amb el fred, van perdent les fulles, amb el que transpiren cada vegada menys.

Al llarg de la tardor, i després en l'hivern, hi ha ja poc vapor d'aigua sobre la Península (almenys en el seu interior). Però l'Atlàntic conserva la calor de l'estiu, i va evaporant aigua de manera constant.

Quan el doll polar ha descendit cap al sud, cap a la primavera, implica l'arrossegament d'aire, ara no polar, sinó subtropical, amb vapor d'aigua que entra en una península sobre la qual l'aire està fred. En ascendir l'aire humit i calent sobre una Península freda, el vapor d'aigua es condensa i plou.

Per analitzar més fàcilment i de manera més visual l'impacte que té la franja horària en la que plou durant els diferents mesos, s'ha elaborat la següent gràfica:



Gràfica 11: Precipitacions segons franja horària dels 5 mesos. Font: Pròpia.

Observant la gràfica 11, es pot veure que acostuma a ploure menys durant el matí i la nit, de 00:00h a 12:00h. Durant aquest temps, l'atmosfera es troba a temperatures més baixes que durant el migdia i la tarda, ja que la nit l'ha refredat.

És a partir del migdia quan es comença a assolir la màxima temperatura després d'haver-se escalfat l'aire durant el matí, i això fa que hi hagi més evaporació i vagi augmentant la quantitat de vapor d'aigua a l'atmosfera. Cap a la tarda i al vespre és quan acostuma a ploure més, ja que és quan l'aire està més saturat durant el dia i a més, cap a la tarda, és quan comença a refredar-se.

Com ja s'ha dit anteriorment, a menys temperatura menys quantitat de vapor d'aigua cal perquè se satura l'aire. És per això que durant la franja horària de 12:00h a 24:00h acostuma a ploure més.

7. CONCLUSIONS

Les tempestes son fenòmens que poden esdevenir molt perillosos per la societat i, en concret pels navegants, si la seva naturalesa és de caràcter molt violent, com per exemple els ciclons tropicals.

És cert que es poden veure venir i es pot tenir una idea de la seva trajectòria, però son fenòmens molt canviants i imprevisibles i no sempre es podrà estar preparat.

Malgrat l'estudi realitzat, no s'han pogut treure conclusions clares sobre la relació de la variació de temperatura durant els dies amb l'aparició de precipitacions, així com tampoc la relació que tenen aquestes amb la ratxa de vent, és a dir, amb la velocitat màxima a la que arriba durant el dia.

Es pot observar que en la majoria de dies en què ha plogut, són dies en què hi ha hagut menys variació de temperatura. Que hi hagi menys variació de les temperatures es tradueix en què les màximes són mes baixes i les mínimes més altes del què haurien de ser, comparat amb la resta de dies.

Que les temperatures s'allunyin dels seus valors normals, està relacionat amb inestabilitat atmosfèrica. Com ja sabem, la inestabilitat atmosfèrica pot comportar mal temps i pluges. És per això que la majoria de les precipitacions s'han donat en els dies en què les temperatures han diferit del què acostumen a ser la resta de dies.

El fet de no haver pogut recollir les dades durant tots els mesos de primavera i tardor, que és quan més acostuma a ploure, també ha dificultat una mica l'estudi. S'han donat molts pocs dies de pluja durant aquests mesos, i això ha fet que es tinguin menys dades per comparar i analitzar per així poder extreure unes conclusions més precises.

Es un camp massa variable com per fer anàlisis i extreure resultats cent per cent fiables en tant poc temps. A més, encara que es recollissin dades durant 10 anys i s'extreguin conclusions, no es pot assegurar que sempre es compleixin.

8. BIBLIOGRAFIA

8.1 Llibres

Bernot, Jean-Yves. *Meteorología y estrategia: crucero y regata de altura*. Barcelona: Joventud, 2006. ISBN 84-261-3504-8.

Dashew Steve; Dashew Linda. *Mariner's weather handbook: A guide to Forecasting & Tactics*. 1st edition. Arizona: Beowulf, 1998. ISBN 0-9658028-2-5.

Glickman, Todd S. *Glossary of Meteorology*. 2nd edition. American Meteorological Society, 2000. ISBN 978-1-878220-34-9.

M. K. Yauand R. R. Rogers. *Short Course in Cloud Physics*. Third Edition. Butterworth-Heinemann, 1989. ISBN 0-7506-3215-1.

Stull, Roland. *Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science*. The University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2015. ISBN-13: 978-0-88865-176-1

8.2 Articles

Martínez de Osés, Francesc Xavier. *Apunts de Meteorologia Nàutica*.

Riosalido, R.; Carretero, O. *Sistemas Convectivos de Mesoescala: Climatología mediante imágenes de satélite*. Nimbus, nº 05 1-2. Págs: 113-136. 1998.

8.3 Pàgines web

Las Tormentas: Qué son, Cómo se forman, Tipos, Rayos, etc [en línia]. Areaciencias.com. 2018 [Consulta: Maig 2018]. Disponible a: <<http://www.areaciencias.com/meteorologia/tormentas.html>>

Qué es una tormenta y cómo se forma [en línia]. Meteorología en Red. 2018 [Consulta: Abril 2018]. Disponible a: <<https://www.meteorologiaenred.com/que-es-una-tormenta.html>>

Enciclopedia de Geografía [en línia]. Geoenciclopedia.com. 2018 [Consulta: Agost 2018]. Disponible a: <<http://www.geoenciclopedia.com>>

MetEd: Teaching and Training Resources for the Geoscience Community [en línia]. MetEd. 2018 [Consultar: Juny 2018]. Disponible a: <<https://www.meted.ucar.edu/>>

Sistemas Convectivos de Mesoescala. [en línia]. Divulgameteo.es. 2018 [Consulta: Agost 2018]. Disponible a: <<http://divulgameteo.es/uploads/Sistemas-Convectivos-Mesoescala.pdf>>

Weather and climate change [en línia]. Met Office. 2018 [Consulta: Abril 2018]. Disponible a: <<https://www.metoffice.gov.uk>>

Maldonado J, Picazo M, Gómez M. El Tiempo [en línia]. El tiempo.es. 2018 [Consulta: Agost 2018]. Disponible a: <<https://www.eltiempo.es>>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).[En línia] [Consulta: Abril 2018]. Disponible a: <<http://www.noaa.gov/>>

National Geographic: Stories of Animals, Nature, and Culture [en línia]. Nationalgeographic.com. 2018 [Consulta: Maig 2018]. Disponible a: <<https://nationalgeographic.com>>

Garden H. Science [en línia]. How Stuff Works. 2018 [Consulta: Abril 2018]. Disponible a: <<https://science.howstuffworks.com>>

Biblioteca de Investigaciones [en línia]. Biblioteca de Investigaciones. 2018 [Consulta: Abril 2018]. Disponible a: <<https://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/>>

Windows to the Universe [en línia]. Windows2universe.org. 2018 [Consulta: Juny 2018]. Disponible a: <<https://www.windows2universe.org>>

RecMountain | Foto y vídeo en montaña [en línia]. Recmountain.com. 2018 [Consulta: Abril 2018]. Disponible a: <<http://recmountain.com>>

Barcelona E. Aula Náutica[en línia]. Escola Port - Aula Náutica. 2018 [Consulta: Juliol 2018]. Disponible a: <<http://aulanautica.org>>

Columbia River Bar Pilots | Astoria, Oregon [Internet]. Columbiariverbarpilots.com. 2018 [Consulta: Setembre 2018]. Disponible a:<<https://www.columbiariverbarpilots.com/>>

Diari La Vanguardia. [en línia]. [Consulta: Maig 2018]. Disponible a: <<https://www.lavanguardia.com/>>

Diari El País. [en línia]. [Consulta: Maig 2018]. Disponible a:<<https://elpais.com/>>

Diari de Córdoba. [en línia]. [Consulta: Maig 2018]. Disponible a:<<https://www.diariocordoba.com/>>

Diari La voz de Galicia. [en línia]. [Consulta: Maig 2018]. Disponible a:<<https://www.lavozdegalicia.es/>>

Wikipedia [en línia]. Wikipedia.org. 2018. Disponible a: <<https://www.wikipedia.org/>>

Diari El Mundo [en línia] [Consulta Setembre 2018]. Disponible a: <<http://www.elmundo.es/blogs/elmundo/elporquedelascosas/2016/10/23/por-que-lleve-y-por-que-deja-de-llover.html>>

9. ANNEXE

Taules amb les dades recollides durant el període de 17 d'Abril de 2018 a 17 de Setembre de 2018

Fecha	Temperatura màxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Radia (km/h)	Precipitació 00-24h (mm)	Precipitació 00-06h (mm)	Precipitació 06-12h (mm)	Precipitació 12-18h (mm)	Precipitació 18-24h (mm)
17/04/2018	24,1	8,7	24	0	0	0	0	0
18/04/2018	25,4	6,9	34	0	0	0	0	0
19/04/2018	23,1	7,5	34	0	0	0	0	0
20/04/2018	23,5	5,8	33	0	0	0	0	0
21/04/2018	25,1	6,7	28	0	0	0	0	0
22/04/2018	25,5	6,7	40	0	0	0	0	0
23/04/2018	25,2	7,6	30	0	0	0	0	0
24/04/2018	26,5	9,3	26	0	0	0	0	0
25/04/2018	28	9,4	37	0	0	0	0	0
26/04/2018	24,2	11	29	0	0	0	0	0
27/04/2018	26,8	9,3	37	0	0	0	0	0
28/04/2018	21,3	11,4	25	0	0	0	0	0
29/04/2018	16	7,4	42	6,6	0	4,6	2	0
30/04/2018	16,7	3,4	34	0	0	0	0	0
01/05/2018	17,8	4,8	41	0	0	0	0	0
02/05/2018	18,3	5,6	64	0	0	0	0	0
03/05/2018	18,6	5,2	30	6,7	0	4,1	2,6	0
04/05/2018	17,6	8,9	32	18,2	0	0	10,3	7,9
05/05/2018	19,3	10	36	0	0	0	0	0
06/05/2018	21,2	12,6	44	0	0	0	0	0
07/05/2018	24,4	13,4	38	23,8	0,4	0,4	22,2	0,8
08/05/2018	23,2	12	46	8	0	0,2	7,4	0,4
09/05/2018	21,7	11,2	28	0	0	0	0	0
10/05/2018	20	10,5	27	0,6	0	0	0	0,6
11/05/2018	25,1	12,1	37	0	0	0	0	0
12/05/2018	19,3	11,5	36	21,4	0	0	0	21,4
13/05/2018	17,2	5,9	40	13,2	0	0	0	13,2
14/05/2018	18,2	6	36	8,8	2,1	0	0	6,7
15/05/2018	20,1	5,9	35	5,6	5,2	0	0,2	0,2
16/05/2018	23,6	6,6	28	0	0	0	0	0

Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Racha (km/h)	Precipitación 00-24h (mm)	Precipitación 00-06h (mm)	Precipitación 06-12h (mm)	Precipitación 12-18h (mm)	Precipitación 18-24h (mm)
17/05/2018	24,7	8,5	39	0	0	0	0	0
18/05/2018	22,8	9,1	30	0	0	0	0	0
19/05/2018	24,5	9	28	4	0	0	3,8	0,2
20/05/2018	24,2	8,5	26	6,8	0	0	6,4	0,4
21/05/2018	24,3	9	30	5	0,2	0	0	4,8
22/05/2018	21,7	11,9	32	0,8	0	0,8	0	0
23/05/2018	25,7	10,1	37	0	0	0	0	0
24/05/2018	27,2	12,1	33	0	0	0	0	0
25/05/2018	25,4	10,4	38	0	0	0	0	0
26/05/2018	26,1	13,2	35	0	0	0	0	0
27/05/2018	26,8	12,8	43	0	0	0	0	0
28/05/2018	23,3	13	47	23,2	0	0	19,8	3,4
29/05/2018	23,6	14,8	32	2	2	0	0	0
30/05/2018	23,2	14,4	30	0	0	0	0	0
31/05/2018	23,8	12,7	28	0	0	0	0	0
01/06/2018	26,4	11,4	33	0	0	0	0	0
02/06/2018	24,6	12,7	28	0	0	0	0	0
03/06/2018	20,1	12,4	23	1,4	0	0	1,4	0
04/06/2018	24,2	12,2	32	0	0	0	0	0
05/06/2018	23,7	13,2	35	13,2	0	0	6,6	6,6
06/06/2018	19,3	12	16	9,2	0	0,2	8,8	0,2
07/06/2018	21,2	12	26	2,8	0	0	2,8	0
08/06/2018	25,7	12,3	30	1,4	0	0	0	1,4
09/06/2018	26,8	15,1	31	0	0	0	0	0
10/06/2018	26,9	13,9	33	0,6	0	0,6	0	0
11/06/2018	26,5	15,7	32	0	0	0	0	0
12/06/2018	26	13	33	0	0	0	0	0
13/06/2018	27,3	11	33	0	0	0	0	0
14/06/2018	27	8,9	25	0	0	0	0	0
15/06/2018	27,6	11,9	29	0	0	0	0	0
16/06/2018	28	12,1	31	0	0	0	0	0

Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Racha (km/h)	Precipitación 00-24h (mm)	Precipitación 00-06h (mm)	Precipitación 06-12h (mm)	Precipitación 12-18h (mm)	Precipitación 18-24h (mm)
17/06/2018	27,3	15,1	28	0	0	0	0	0
18/06/2018	30,9	12,9	32	0	0	0	0	0
19/06/2018	30,9	12,4	29	0	0	0	0	0
20/06/2018	31,1	13,3	31	0	0	0	0	0
21/06/2018	32,4	13,2	30	0	0	0	0	0
22/06/2018	32,1	16,6	41	0	0	0	0	0
23/06/2018	29,3	16,1	32	0	0	0	0	0
24/06/2018	29,8	17,5	35	0	0	0	0	0
25/06/2018	29,8	16,4	33	0	0	0	0	0
26/06/2018	30,3	18,6	30	0	0	0	0	0
27/06/2018	32,4	15,6	31	0	0	0	0	0
28/06/2018	32	17,5	52	25,4	0	0	18,4	7
29/06/2018	28,7	14,9	29	0	0	0	0	0
30/06/2018	31,3	16	28	0	0	0	0	0
01/07/2018	32	14,7	27	0	0	0	0	0
02/07/2018	31,6	18,5	39	0	0	0	0	0
03/07/2018	30	17,8	32	10,2	0	0	10,2	0
04/07/2018	31	15,9	29	0	0	0	0	0
05/07/2018	30	15,3	31	0	0	0	0	0
06/07/2018	31	16,4	30	2	0	2	0	0
07/07/2018	32	15,5	35	0	0	0	0	0
08/07/2018	32	16	32	0	0	0	0	0
09/07/2018	30	15,9	33	0	0	0	0	0
10/07/2018	30	16,2	33	0	0	0	0	0
11/07/2018	30,9	16,8	37	0	0	0	0	0
12/07/2018	32	16,8	42	0,2	0	0,2	0	0
13/07/2018	31,7	14,9	48	0	0	0	0	0
14/07/2018	33,7	16,8	31	0	0	0	0	0
15/07/2018	34,9	14,7	32	0	0	0	0	0
16/07/2018	29,4	16,8	49	24,4	0	22,6	1,8	0

Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Racha (km/h)	Precipitación 00-24h (mm)	Precipitación 00-06h (mm)	Precipitación 06-12h (mm)	Precipitación 12-18h (mm)	Precipitación 18-24h (mm)
17/07/2018	30,4	13,2	33	0	0	0	0	0
18/07/2018	32,2	15,5	32	0	0	0	0	0
19/07/2018	33,1	15	35	0	0	0	0	0
20/07/2018	32,4	15,4	43	2,2	0	0	0	2,2
21/07/2018	28,1	17,1	39	0	0	0	0	0
22/07/2018	27,6	17	32	0	0	0	0	0
23/07/2018	32,9	12,9	33	0	0	0	0	0
24/07/2018	32,8	17,7	58	1	0	0	0,8	0,2
25/07/2018	33,8	16,6	40	0	0	0	0	0
26/07/2018	35,3	15,3	30	0	0	0	0	0
27/07/2018	35,7	15,1	44	0	0	0	0	0
28/07/2018	34,6	15	35	0	0	0	0	0
29/07/2018	35,5	17,9	31	0	0	0	0	0
30/07/2018	34,6	18,7	31	0	0	0	0	0
31/07/2018	35,9	18,5	32	0	0	0	0	0
01/08/2018	36,4	18,3	32	0	0	0	0	0
02/08/2018	36,1	18,8	34	0	0	0	0	0
03/08/2018	36,9	19,5	35	0	0	0	0	0
04/08/2018	37,2	17,7	32	0	0	0	0	0
05/08/2018	36,8	18,7	42	0	0	0	0	0
06/08/2018	35,5	17,5	34	0	0	0	0	0
07/08/2018	34,1	17,7	72	0	0	0	0	0
08/08/2018	31,1	18	55	1,2	0	0	1,2	0
09/08/2018	29,2	19	32	2,4	0	0,2	2,2	0
10/08/2018	28,4	18,2	32	1,6	1,6	0	0	0
11/08/2018	31,7	15,2	35	0	0	0	0	0
12/08/2018	33,3	19,4	41	1	0	0	0	1
13/08/2018	32,5	16,6	60	3,6	0	0	0	3,6
14/08/2018	29,3	17,1	43	5,4	5,4	0	0	0
15/08/2018	31,2	16,8	28	0	0	0	0	0
16/08/2018	32,4	17,9	42	0,6	0	0	0	0,6

Fecha	Temperatura màxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Racha (km/h)	Precipitació 00-24h (mm)	Precipitació 00-06h (mm)	Precipitació 06-12h (mm)	Precipitació 12-18h (mm)	Precipitació 18-24h (mm)
17/08/2018	25,3	15,4	34	2,6	0	0	0	2,6
18/08/2018	28	12	22	0	0	0	0	0
19/08/2018	32,1	13,9	25	0	0	0	0	0
20/08/2018	33,1	14,5	29	0	0	0	0	0
21/08/2018	33,6	16,1	27	1,6	0	0	1,4	0,2
22/08/2018	34,1	14,9	35	0	0	0	0	0
23/08/2018	34,3	14,6	48	1,2	0	0	0	1,2
24/08/2018	31,1	14,2	29	0	0	0	0	0
25/08/2018	27,6	16,9	35	0	0	0	0	0
26/08/2018	28,5	16,3	36	0	0	0	0	0
27/08/2018	31,8	14,1	30	0	0	0	0	0
28/08/2018	33,1	18,3	47	0	0	0	0	0
29/08/2018	33,4	16,8	46	6,4	0	0	0	6,4
30/08/2018	32,8	17,1	31	2,8	2,8	0	0	0
31/08/2018	32,4	18,1	34	0	0	0	0	0
01/09/2018	31,8	16,8	42	0	0	0	0	0
02/09/2018	30,9	18,2	38	0	0	0	0	0
03/09/2018	30,3	20,1	48	0	0	0	0	0
04/09/2018	31,3	17,7	39	0	0	0	0	0
05/09/2018	30,4	14,5	32	0	0	0	0	0
06/09/2018	29,3	15,4	38	0	0	0	0	0
07/09/2018	27,9	14	32	0	0	0	0	0
08/09/2018	28,6	14,4	32	0	0	0	0	0
09/09/2018	30	16,7	30	0	0	0	0	0
10/09/2018	30,1	15,5	30	0	0	0	0	0
11/09/2018	30,7	15,2	32	0	0	0	0	0
12/09/2018	30	16,5	48	7,6	0	0	0	7,6
13/09/2018	30	13,6	26	0	0	0	0	0
14/09/2018	29,6	16,8	29	0	0	0	0	0
15/09/2018	26,2	17,1	33	0	0	0	0	0
16/09/2018	30,7	17,8	32	3	0	0	0	3
17/09/2018	29	14,6	29	0	0	0	0	0

